TOPP

Schaltungen Teil 1

L. Hildebrand/Th. Vieweg

30 Transistor-Schaltungen

Teil 1 der TOPP -Reihe »Schaltungen«

L. Hildebrand · Th. Vieweg

30 Transistor-Schaltungen

8. Auflage mit neuen Schaltungen

Verlag Frech Stuttgart-Botnang

Inhalt

Vorwort 5
Einführung 6
Bauelemente 11
1 Diodenempfänger 20
2 Rückkopplungsempfänger 22
3 Transistorsuper für Mittelwellen 24
4 ZF-Stufe und Demodulator 26
5 Endstufe 28
6 UKW-Tuner 30
7 Einfacher NF-Verstärker 32
8 A-Verstärker mit gesteuertem Arbeitspunkt .. 34
9 3 Watt Gegentaktendstufe 36
10 Serien-Gegentakt-Endverstärker 0,5 Watt ... 38
11 1 W NF-Verstärker mit integrierter Schaltung 40
12 Schaltverstärker für akustische Signale 42
13 Hörhilfe 44
14 Wechselsprechanlage 46
15 Abwärts-Spannungswandler 20 V/6 V 48
16 Aufwärts-Spannungswandler 6 V/12 V 50
17 Spannungswandler 1,5 V/120 V/10 mW 52
18 Gegentakt-Spannungswandler 24/220 V/100 W 54
19 Stabilisiertes Netzgerät 56
20 Einfaches Stromregelgerät 1 A 58
21 Geiger-Müller-Indikator 60
22 Ausfallsicherung für Warnlampen 62
23 Induktive Schranke 64
24 Sender für induktive Fernsteuerung 66
25 Empfänger für induktive Fernsteuerung 68
26 Astabiler Multivibrator 70
27 Lichtschranke 72
28 Schaltverstärker mit Fotoelement 74
29 Blinkschaltung 76
30 Drehzahlmesser für Kraftfahrzeuge 78

Die hier veröffentlichten Schaltungsbeispiele sind nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine Gewähr bezüglich Patentfreiheit kann nicht übernommen werden.

Neben einigen Standardschaltungen standen Schaltungen der Firmen Intermetall, Freiburg (8, 10, 13, 15, 16, 22, 23, 24, 25, 29, 30), Siemens, München (3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 14, 17, 18, 20, 21, 27, 28), Telefunken, Ulm (19), und Valvo, Hamburg 1(1), zur Verfügung.

© 1969 · 8. Auflage

Verlag und Druckerei M. Frech
Stuttgart-Botnang
Druck: Frech Stuttgart-Botnang

Vorwort

Seit dem Erscheinen der 1. Auflage der von L. Hildebrand zusammengestellten 30 Transistor-Schaltungen ist eine Reihe von Jahren vergangen. Während dieser Zeit nahm die Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleitertechnik einen raschen Verlauf. Die seinerzeit gefertigten Transistoren wurden in den dazwischenliegenden Jahren durch weitere und leistungsfähigere Typen ergänzt bzw. ersetzt. Im Zusammenhang hiermit ergaben sich neue Schaltungen und vielseitigere Anwendungsmöglichkeiten.
So wurde es nunmehr erforderlich, alle Schaltungen gründlich zu überarbeiten, um sie dem heutigen Stand der Technik anzupassen. Ebenfalls berücksichtigt wurde die Änderung in der Darstellung einzelner Schaltsymbole. Die in 7 Auflagen bewährte Zusammenstellung des leider zu früh verstorbenen Autors blieb im wesentlichen unverändert.

Theodor Vieweg

Einführung

Ebenso wie die seit langem bekannte Elektronenröhre stellt der Transistor ein elektrisches Verstärkerelement dar. Während bei der Röhre die Verstärkerwirkung auf der Steuerung des Elektronenstromes im Vakuum beruht, wird im Transistor der Strom der Ladungsträger in einem Halbleiterkristall — Germanium oder Silizium — gesteuert. Je nach Schaltungsart kann die Verstärkung durch eine Spannungs-, Strom- oder Leistungsänderung erzielt werden.

Ein Germanium- oder Siliziumkristall, der absolut rein ist, verhält sich wie ein Nichtleiter. Erst durch eine gezielte und genau dosierte Verunreinigung der vierwertigen Kristalle mit drei- oder fünfwertigen Stoffen, wie z. B. Indium und Arsen, ergibt sich eine Leitfähigkeit. Je nachdem dann die negativen oder positiven Ladungsträger überwiegen, wird von n-Zonen und p-Zonen gesprochen. Ein gewöhnlicher Transistor besteht aus drei Zonen und besitzt ebensoviele Anschlüsse, nämlich Kollektor (C), Basis (B) und Emitter (E). In Abhängigkeit der Reihenfolge dieser Zonen ergeben sich pnp- und npn-Transistoren. Die meisten Schaltungen können sowohl mit pnp- wie auch mit npn-Transistoren aufgebaut werden. Für besondere Aufgaben lassen sich je ein pnp- und ein npn-Transistor als Komplementärpaar einsetzen.

Gegenüber der Elektronenröhre ist der Transistor in seinen Abmessungen wesentlich kleiner. Er ist robuster und ändert seine Kennwerte über einen längeren Zeitraum kaum. Da die Ladungsträger schon im Halbleiter beweglich sind, brauchen sie hier nicht wie in der Röhre aus einer geheizten Katode zum Emittieren gebracht werden. Somit ist der Transistor sofort betriebsbereit, seine Betriebsspannung und seine Wärmeabgabe sind um ein mehrfaches geringer. Demgegenüber sind die elektrischen Eigenschaften der Transistoren temperaturabhängig und erfordern besondere Stabilisierungsmaßnahmen. Durch die kleineren Eingangswiderstände der Transistoren gegenüber denen von Röhren erhalten Anpassungsfragen und Exemplarstreuungen eine größere Bedeutung.
Von den vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Transistoren sei der Einsatz als Verstärker, Schalter und Schwingungserzeuger genannt. Der Transistor ersetzt heute nicht nur die Elektronenröhre in immer stärkerem Maße, sondern übernimmt vielfach auch die Schaltfunktionen von Relais.
Für die Typenbezeichnungen von Halbleiter-Bauelementen werden Buchstaben und Ziffern verwendet. Typen, die überwiegend für Rundfunk-, Fernseh- und Magnettongeräte bestimmt sind, erhalten 2 Buchstaben und 3 Ziffern. Typen, die hauptsächlich kommerziellen Zwecken dienen, werden mit 3 Buchstaben und 2 Ziffern gekennzeichnet.

Der erste Buchstabe bedeutet:
A Ausgangsmaterial Germanium
B Ausgangsmaterial Silizium
C Ausgangsmaterial andere Halbleiterstoffe

Der zweite Buchstabe gibt den Verwendungszweck an:
A Diode
C Transistor für Tonfrequenzbereich
D Leistungstransistor im Tonfrequenzbereich
E Tunneldiode
F Transistor für Hochfrequenzbereich
L Leistungstransistor im Hochfrequenzbereich
P Strahlungsempfindliches Halbleiterelement
R Steuerbarer Gleichrichter
S Transistor für Schaltanwendungen
T Steuerbarer Leistungsgleichrichter
U Leistungstransistor für Schaltanwendungen
Y Leistungsdiode
Z Zenerdiode

An dritter Stelle wird bei den Transistoren für kommerzielle Zwecke der Buchstabe X, Y oder Z verwendet. Die Ziffern geben eine laufende Numerierung an, ohne jedoch etwas über die technischen Werte auszusagen.
Ältere Typen tragen teilweise noch die Bezeichnungen OA ... bei Dioden, sowie OC ... und TF ... bei Transistoren.

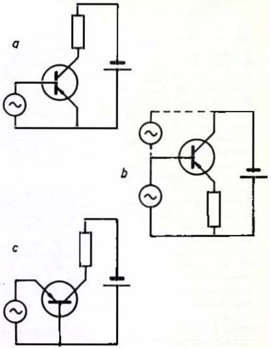
Grundschaltungen

Die Verwendung von Transistoren kann in drei verschiedenen Grundschaltungsarten erfolgen, in der Emitterschaltung, der Kollektorschaltung und der Basisschaltung. Infolge der unterschiedlichen Eingangs- und Ausgangswiderstände lassen sich in fast allen Fällen günstige Anpassungen an die vor- und nachgeschalteten Bauelemente erreichen.

In der am häufigsten angewendeten Emitterschaltung (a) steuert ein verhältnismäßig kleiner Basisstrom einen um den Faktor der Stromverstärkung größeren Kollektorstrom. Bei einem nieder- bis mittelohmigen Eingangswiderstand ist der Ausgangswiderstand groß. Da sowohl eine Strom- wie auch eine Spannungsverstärkung erfolgt, ergibt sich hier die größte Leistungsverstärkung.

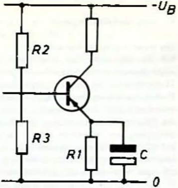
Die Kollektorschaltung (b) besitzt einen großen Eingangswiderstand und einen kleinen Ausgangswiderstand. Während der Faktor der Spannungsverstärkung kleiner als 1 ist, erfolgt hier nur eine Stromverstärkung. Für die Ansteuerung ist es gleichgültig, ob diese zwischen Kollektor und Basis oder zwischen Basis und Fußpunkt erfolgt.

In der Basisschaltung (c) mit ihrem kleinen Eingangs- und großen Ausgangswiderstand ergibt sich keine Strom-, sondern nur eine Spannungsverstärkung.



Stabilisierung

Die Betriebswerte der Transistorschaltungen sind stark von der Temperatur abhängig. Um die Abweichungen möglichst gering zu halten, müssen zusätzliche Schaltungsänderungen vorgenommen werden.
In Verstärkerschaltungen legt man in die Emitterleitung einen Widerstand (R 1), der eine Gleichstromgegenkopplung und damit eine thermische Stabilität bewirkt. Die für den Transistor wirksame Speisespannung wird zwar um den Spannungsabfall an diesem Widerstand verringert. Erhöht sich infolge Erwärmung der Kollektorstrom des Transistors, so ergibt sich an dem Emitter-Widerstand ein höherer Spannungsabfall, wobei die Spannung am Emitter negativer wird. Die Spannung an der Basis ist durch den Spannungsteiler (R 2/R 3) praktisch konstant. Der Strom durch den Transistor ist abhängig von der Höhe der negativen Spannung an der Basis gegen Emitter. Wird die Emitterspannung negativer, so verringert sich die Spannungsdifferenz zwischen Basis und Emitter. Mit abnehmender Basis-Emitter-Spannung wird der Basisstrom und damit auch der Kollektorstrom des Transistors kleiner. Somit stellt sich automatisch wieder der ursprüngliche Strom ein. Da an dem Emitterwiderstand nicht nur ein Gleichspannungsanteil, sondern auch ein Teil der zu verstärkenden Wechselspannung abfällt, wird der Widerstand durch einen Kondensator (C) überbrückt und damit der



Emitter wechselstrommäßig an 0 gelegt. Aus Gründen der Temperaturstabilisierung sollte der Basisteilerwiderstand so klein wie möglich gewählt werden. Hierdurch wird jedoch der Eingangswiderstand der Stufe kleiner und belastet durch den höheren Querstrom im Spannungsteiler die Spannungsquelle. In der Praxis wählt man den Basisteilerwiderstand so, daß durch ihn etwa der 3- bis 10fache Basisstrom fließt.
Eine weitere Möglichkeit zur Stabilisierung, die mehr in Endstufen angewandt wird, besteht in der Verwendung von NTC-Widerständen, deren Widerstand mit steigender Erwärmung abnimmt. Auch hier wird durch Veränderung der Basis-Emitter-Spannung der Kollektorstrom konstant gehalten.

Umgang mit Transistoren

Um einen Transistor vor Zerstörung zu bewahren, dürfen die Sperrschichten eine bestimmte Temperatur nicht überschreiten. Hierbei ist es gleichgültig, ob der Temperaturanstieg durch Eigenerwärmung oder durch Erwärmung von außen erfolgt. Die Sperrschichttemperatur beträgt für Germanium-Transistoren bis zu 90 °C. Bei Silizium-Transistoren liegt die obere Grenze, in Abhängigkeit der einzelnen Typen, zwischen 125 und 200 °C. Die Sperrschichttemperatur ist von drei Faktoren abhängig, nämlich von der Umgebungstemperatur, dem Wärmewiderstand zwischen der Sperrschicht (Kristall) und der Umgebung sowie der Kollektorverlustleistung.

Die Umgebungstemperatur ergibt sich aus der umgebenden Luft und hat über den Wärmewiderstand einen Einfluß auf die Kristalltemperatur.

Ist der Wärmewiderstand eines Transistors klein, so wird die durch die Verlustleistung erzeugte Wärme gut abgeleitet. Um die zulässige Kristalltemperatur nicht zu überschreiten, müssen Leistungstransistoren mit zusätzlichen Kühlschellen, Kühlblechen oder Kühlkörpern versehen werden, um durch Vergrößern der Oberfläche die auftretende Wärme besser abzuleiten. Dieses kann aber nur im ausreichenden Maße erfolgen, wenn die Transistoren fest und ohne Luftpolster aufgeschraubt sind. Hier leisten dünne Bleizwischenlagen oder die Verwendung von Spezialfetten gute Dienste

Die in einem Transistor auftretende Verlustleistung ergibt sich aus der Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter U_{CE} mal dem Emitterstrom I_E. Während bei einem leitenden Transistor $U_{CE} \approx 0$ ist, so ist bei einem gesperrten Transistor $I_E \approx 0$. In beiden Fällen bleibt das Resultat aus $U_{CE} \cdot I_E$ klein.

Weiter sollen beim Arbeiten mit Transistoren einige Grundregeln unbedingt beachtet werden.

Obwohl die Anschlüsse fest in das Gehäuse eingeführt sind, die Drähte erst in einiger Entfernung vom Gehäuse unter Verwendung einer Flachzange abbiegen. Da die Transistoren gegen übermäßige Wärme empfindlich sind, die Anschlußdrähte zum Einlöten nicht zu sehr kürzen und mit einer Flachzange zwischen Gehäuse und Lötstelle die Wärme ableiten. Um zu vermeiden, daß Spannung über den Lötkolben an den Transistor gelangt, gibt es mehrere Möglichkeiten. Der Lötkolben wird geerdet, es wird mit einem Niederspannungskolben gearbeitet bzw. die Lötungen werden bei abgeschalteter Betriebsspannung vorgenommen.

Besondere Beachtung verdient auch das polrichtige Anlegen der Prüf- und Betriebsspannung.

Bauelemente

Die Bauelemente in den einzelnen Schaltungen werden durch Symbole dargestellt. Im folgenden wird eine Erläuterung der wichtigsten Bauelemente gegeben.

Halbleiter

a) Gleichrichter und Dioden stellen Ventile dar, die den elektrischen Strom fast ausschließlich nur in einer Richtung durchlassen. Die Anschlüsse werden mit Anode (a) und Katode (k) bezeichnet. Beim Anlegen einer Wechselspannung liegt an der Katode stets positives Potential.

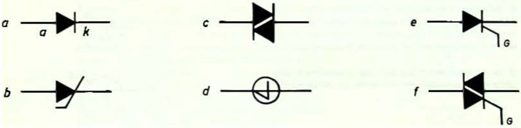
b) Zenerdioden sind im Sperrgebiet arbeitende Silizium-Dioden und dienen überwiegend zur Spannungsstabilisierung.

c) Die Zweiwegschaltdiode, auch Diac genannt, besteht aus 5 Kristallschichten und findet Anwendung in der Leistungselektronik.

d) Vierschicht- oder Kippdioden stellen sehr schnelle Schalter dar, die in äußerst kurzer Zeit aus einem hochohmigen Zustand in einen niederohmigen umschalten.

e) Der Thyristor ist ein steuerbarer Siliziumgleichrichter, mit Eigenschaften wie das Röhrenthyratron. Das Durchlaßverhalten wird über das Tor oder Gate (G) beeinflußt.

f) Zweiwegthyristoren oder Triacs werden meist für die Steuerung von Motoren und Lampen eingesetzt.

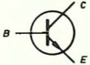


g) Beim Transistor werden die drei Anschlüsse mit Basis (B), Emitter (E) und Kollektor (C) bezeichnet. Wichtigste Halbleitermaterialien sind Germanium und Silizium. Der pnp-Typ besteht z. B. aus einem n-leitenden Halbleiterkristall, dem auf beiden Seiten Pillen aus Indium einlegiert werden. An den Legierungsstellen entstehen zwei dünne p-leitende Schichten.

g

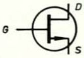
h) Der npn-Transistor besitzt als Basis eine p-leitende Schicht, dem sich auf jeder Seite eine n-leitende Schicht anschließt. Aus der Schichtenfolge leitet sich die Bezeichnung als pnp- oder npn-Transistor ab.

h



i) Der Feldeffekt-Transistor (FET) besteht im Prinzip aus einem halbleitenden Stromkanal, dessen Widerstand durch ein elektrisches Feld gesteuert wird. Die drei Anschlüsse werden mit Drain (D), Source (S) und Gate (G) bezeichnet.

i

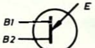


j) Feldeffekt-Transistoren mit isolierter Steuerelektrode sind als MOS-FET bekannt. Beide Typen vereinigen in sich die meisten der vorteilhaften Eigenschaften von Röhren und bipolaren Transistoren.

j

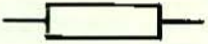
k) Einen besonderen Typ stellt der Doppelbasis- oder Unijunction-Transistor mit nur einem pn-Übergang dar.

k

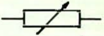


Widerstände

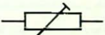
a) Festwiderstände werden in Transistorschaltungen überwiegend als Kohleschichtwiderstände verwendet. Obwohl ihre Werte bis zu ca. 20 000 000 Ohm (20 MOhm) betragen können, kommen in den hier veröffentlichten Schaltungen nur solche bis etwa 50 kΩ zum Einsatz.

a


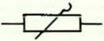
b) Veränderlicher Widerstand als Potentiometer zur Lautstärken- und Empfindlichkeitsregelung sowie als Klangblende. Der Widerstandsverlauf kann linear oder logarithmisch sein.

b


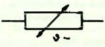
c) Einstellbarer Widerstand als Trimmwiderstand zum Abgleich und Ausgleich von Bauelemente-Toleranzen.

c


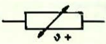
d) In Stufen regelbarer Widerstand, der hauptsächlich dann verwendet wird, wenn höhere Ströme geregelt werden sollen.

d


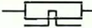
e) Heißleiter, auch NTC-Widerstand genannt. Widerstand mit negativem Temperaturkoeffizienten. Der Widerstandswert nimmt mit steigender Temperatur ab. Einsatz überwiegend zur Temperaturstabilisierung in Endstufen von Verstärkern.

e


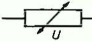
f) Kaltleiter, auch als PTC-Widerstand bekannt. Widerstand mit positivem Temperaturkoeffizienten. Widerstandswert nimmt mit steigender Temperatur zu.

f


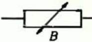
g) Temperaturabhängiger Widerstand mit Darstellung des Heizers bei Fremdheizung.

g


h) Bei dem Varistor, auch VDR-Widerstand (voltage dependent resistor) genannt, handelt es sich um einen spannungsabhängigen Widerstand, dessen Widerstandswert mit steigender Spannung kleiner wird. Da die Widerstandsänderung nicht durch die Temperatur, sondern durch die Spannung erfolgt, sind diese Widerstände praktisch trägheitslos.

h


i) Magnetfeldabhängiger Widerstand. Mit der wechselnden Stärke eines Magnetfeldes ändert sich auch der von den Feldlinien beeinflußte Widerstandswert.

i


j) Meßvorwiderstand mit sehr kleiner Toleranz. Spezieller Verwendungszweck für die Meßbereichserweiterung von Spannungsmessern.

j

k) Paralleler Meßwiderstand mit sehr kleiner Toleranz. Für die Meßbereichserweiterung von Strommessern.

k

l) Älteres Symbol für Widerstände, das heute noch in einer Reihe von ausländischen Schaltbildern Verwendung findet.

l

In der Praxis kommen Widerstandswerte von Bruchteilen eines Ohms bis zu einigen Megohm vor. Um die Anzahl der Widerstandswerte zu begrenzen, wurde eine bestimmte Reihenfolge dieser Werte festgelegt. Ihre Abstände untereinander sind so groß, daß die Toleranzbereiche zweier benachbarter Werte sich mit geringfügiger Überlappung aneinander anfügen. Bei einem Widerstand von 1000 Ω und ±10 % Toleranz darf der Wert zwischen 900 und 1100 Ω betragen. Die sich hieran anschließenden Werte müssen daher 820 Ω (Toleranzbereich 738 bis 902 Ω) und 1200 Ω (Toleranzbereich 1080 bis 1320 Ω) haben. Aus einer Toleranz von ±10 % ergibt sich die am häufigsten verwendete internationale E 12-Reihe, nämlich: 1,0 — 1,2 — 1,5 — 1,8 — 2,2 — 2,7 — 3,3 — 3,9 — 4,7 — 5,6 — 6,8 — 8,2. Weitere Werte erhält man durch die Multiplikation mit 10^1, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5, 10^6 und bis zu 2,2 auch mit 10^7, da die obere Grenze für den allgemeinen Gebrauch bei ca. 22 MΩ liegt. Die Reihe E 24 (Toleranz ±5 %) hat noch weitere Zwischenwerte: 1,1 — 1,3 — 1,6 — 2,0 — 2,4 — 3,0 — 3,6 — 4,3 — 5,1 — 6,2 — 7,5 — 9,1. Während mit den Werten der E 6-Reihe (±20 %) kaum auszukommen ist, weisen die E 48- und E 96-Reihe mit einer Toleranz von ±2 % und ±1 % 48 und 96 Werte auf. Letztere sind infolge der engen Fertigungstoleranzen teurer und finden fast ausschließlich in der Meßtechnik Verwendung.

In der Vergangenheit wurden die Widerstandswerte auf den Widerstandskörpern aufgedruckt. Da einerseits die Widerstände räumlich immer kleiner wurden, zum anderen bei maschinell bestückten Platinen die Beschriftung oftmals von der Betrachterseite nicht mehr zu erkennen war, wurde die Markierung der Widerstandswerte durch Farbringe eingeführt. Nach dem internationalen Farbcode ergeben sich für die angeführten Farben folgende Werte:

braun	1	blau	6
rot	2	violett	7
orange	3	grau	8
gelb	4	weiß	9
grün	5	schwarz	0

Die Anordnung der Farbringe wird so vorgenommen, daß sie sich näher an dem einen Ende des Widerstandes befinden. Hier wird mit der Deutung der Farben begonnen. 1. Farbring = 1. Ziffer, 2. Farbring = 2. Ziffer und 3. Farbring = Anzahl der folgenden Nullen. Die Angabe erfolgt in Ohm. So bedeuten z. B. die Farbreihe: braun, grau, orange = 18 000 Ω. Besonders wichtig ist die 3. Farbe, da sich hieraus die Anzahl der Nullen ergibt. Schwarz an 3. Stelle bedeutet 0 Nullen. Die Farben weiß oder gold bzw. grau oder silber an dritter Stelle geben an, daß die zweistellige Zahl mit dem Faktor 0,1 oder 0,01 multipliziert werden muß. Ein 4. Ring gibt die Toleranz an: braun ±1 %, rot ±2 %, silber oder grün ±5 %, gold oder weiß ±10 % und kein Ring ±20 %.

Kondensatoren

a) Festkondensator, teils in keramischer Ausführung, teils als Wickel- oder Rollkondensator verwendet. Nach einem Ladestromstoß sperrt der Kondensator den Gleichstrom. Bei einer angelegten Wechselspannung wird der Kondensator im Rhythmus der Frequenz auf- und entladen. Es „fließt" durch ihn ein Wechselstrom. Je höher die Frequenz und die Kapazität, desto kleiner ist der Wechselstromwiderstand.

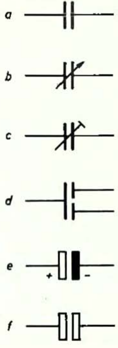
b) Veränderlicher Kondensator als Drehkondensator zur Abstimmung von Schwingkreisen. Ausführung als Luft- und Hartpapierdrehkondensatoren mit Luft- bzw. Hartpapierisolierung als Dielektrikum.

c) Einstellbarer Kondensator als Trimmkondensator zum Abgleichen von Kapazitäten in Schwingkreisen.

d) Kondensator mit Abgriff. Findet auch mit veränderbarer Kapazität als Differentialdrehkondensator Verwendung.

e) Elektrolytkondensator. Darf nur an Gleichspannung und mit entsprechender Polung betrieben werden. Besonders auch auf Betriebsspannung achten!

f) Ungepolter Elektrolytkondensator. Weniger verwendetes Bauelement.



Induktivitäten

a) Spule oder Drossel mit Luftkern. Angabe der Induktivität in H (Henry) und mH (Millihenry). Der Gleichstromwiderstand ergibt sich aus der Länge des Drahtes und seinem Querschnitt. Der Widerstand bei Wechselstrom ist wesentlich höher und ist abhängig von der Frequenz und der Induktivität. Je höher die Frequenz und die Induktivität, um so höher ist auch der Wechselstromwiderstand.

b) Spule oder Drossel mit einem lamellierten Eisenkern zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten.

c) Spule oder Drossel mit einem HF-Eisenkern (z. B. Siferrit) für höhere Frequenzen.

d) Transformator oder Übertrager mit lamelliertem Eisenkern für die Erhöhung oder Verkleinerung von Wechselspannungen und zur Widerstandsanpassung.

e) Transformator oder Übertrager mit HF-Eisenkern für hochfrequente Wechselspannungen.

In einigen Schaltungen kommt es auf den richtigen Anschluß der einzelnen Transformatorwicklungen an. Zu diesem Zweck werden die Wicklungsanfänge jeweils mit einem Punkt gekennzeichnet.

a

b

c

d

e

Fotoelektronik

a) Der Fotowiderstand arbeitet nach dem inneren lichtelektrischen Effekt. Bei Beleuchtung wird sein Widerstand kleiner. Dient zur Auslösung bestimmter Funktionen bei Helligkeitsunterschieden.

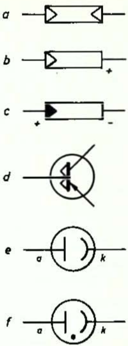
b) Bei der Fotodiode ändert sich unter Lichteinfluß ihre Kennlinie. Ihre bei Beleuchtung auftretende Widerstandsänderung wird häufiger ausgenutzt als ihre geringe Eigen-EMK.

c) Das Fotoelement liefert als einziges Bauelement eine verwertbare Spannung, die von der Beleuchtungsstärke, dem inneren Widerstand und dem Belastungswiderstand abhängig ist.

d) Der Fototransistor stellt eine Fotodiode mit einem nachgeschalteten Transistor dar.

e) In der Hochvakuum-Fotozelle werden bei Beleuchtung aus einer präparierten Katode (k) Elektronen emittiert, sobald an der Anode (a) positives Potential herrscht.

f) Die gasgefüllte Fotozelle arbeitet wie die Hochvakuumzelle nach dem äußeren lichtelektrischen Effekt. Sie ist jedoch wesentlich empfindlicher, dafür aber infolge der Gasfüllung erheblich träger.



Diverse Bauelemente

a) Mikrofon. Gleiches Symbol für Kristall-, Magnet-, Kohle- oder dynamisches Mikrofon.

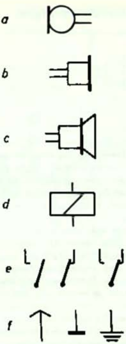
b) Kopfhörer mit Kristall, Magnet oder Schwingspule. Da die Impedanz der Schwingspulen niedrig ist, müssen für den Anschluß Übertrager zwischen Verstärkerausgang und Lautsprecher geschaltet werden.

c) Lautsprecher, vorwiegend permanent-dynamische Typen. Da die Impedanz der Schwingspulen niedrig ist, müssen für den Anschluß Übertrager zwischen Verstärkerausgang und Lautsprecher geschaltet werden.

d) Das Relais ist ein elektromagnetisch betriebener Schalter. Mit einem kleinen Erregerstrom können größere Leistungen geschaltet werden.. Das Relais kennt nur zwei mögliche Schaltstellungen. Die Ausführungsformen sind vielfältig.

e) Die drei hauptsächlichsten Kontaktpaarungen von Relais. Von links nach rechts: Schließer (Arbeitskontakt), Öffner (Ruhekontakt) und Wechsler (Umschaltkontakt).

f) Symbole für Antenne, Masseverbindung und Erdanschluß.

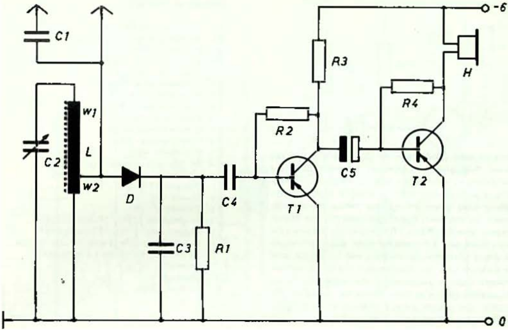


1 Diodenempfänger

Der Diodenempfänger ist der Nachfolger des allbekannten Detektors. Die Fähigkeit der Diode, hochfrequente Wechselströme gleichzurichten, ermöglicht erst, die der Hochfrequenz aufmodulierte Tonfrequenz in Form von Sprache und Musik hörbar zu machen. Die Diode kommt in irgendeiner Form als Demodulator in jedem Rundfunkempfänger vor. Da die Diode lediglich gleichrichtet, aber nicht verstärkt, muß ein Verstärker nachgeschaltet werden. Um eine zu starke Dämpfung des Empfangskreises durch die Diode zu vermeiden, wird sie lose angekoppelt. Dieses geschieht durch Anzapfung der Abstimmspule auf etwa ein Viertel vom Erdungspunkt gerechnet. Die Antenne wird entweder direkt oder über den Verkürzungskondensator C 1 angeschlossen. Die Abstimmung erfolgt mittels des Drehkondensators C 2. Weitere Einstellungsmöglichkeiten besitzt dieses einfache Gerät nicht.

Stückliste zu Schaltung 1

R 1	Widerstand 15 kΩ 1/10 Watt
R 2	Widerstand 390 kΩ 1/10 Watt
R 3	Widerstand 3,3 kΩ 1/10 Watt
R 4	Widerstand 330 kΩ 1/10 Watt
C 1	Kondensator 47 nF
C 2	Drehkondensator 350 pF
C 3	Kondensator 4,7 nF
C 4	Kondensator 47 nF
C 5	NV-Elektrolytkondensator 4 µF/6 Volt
T 1	Transistor AC 126
T 2	Transistor AC 151
D	Diode OA 81
L	Abstimmspule, Wickelkörper 25 Ø w 1 = 90 Wdg. HF-Litze 20 x 0,05 mm Ø w 2 = 20 Wdg. HF-Litze 20 x 0,05 mm Ø
H	Kopfhörer ca. 1,5 kΩ

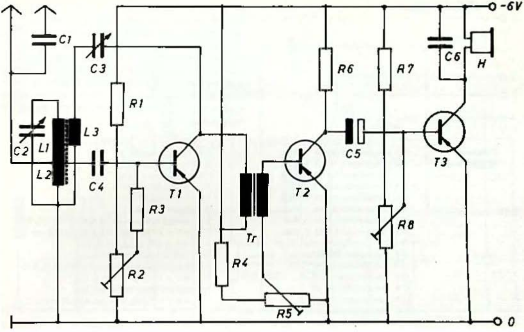

C1
C2
L
W1
W2
D
C3
R1
C4
R2
R3
T1
C5
R4
T2
H
-6V
0

2 Rückkopplungsempfänger

Statt mit einer Diode kann die Gleichrichtung auch mit einem Transistor vorgenommen werden. Durch die Rückkopplung wird neben einer Erhöhung der Trennschärfe auch eine größere Leistung erreicht. Zur Erzielung einer guten Wiedergabe werden die Arbeitspunkte der einzelnen Stufen gesondert mit den Trimmwiderständen R 2, R 5 und R 8 eingestellt. Während die Ankopplung des 2. Transistors durch einen Übertrager mit einem Übersetzungsverhältnis von 4:1 erfolgt, wird die Endstufe über den Kondensator C 5 an die vorhergehende Stufe angekoppelt. In der Nähe von Rundfunksendern genügt in vielen Fällen der Ferritstab als Antenne, der jedoch durch Drehen in die günstigste Lage zum Sender gebracht werden muß.

Stückliste zu Schaltung 2

R 1	Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 2	Trimmwiderstand 3 kΩ
R 3	Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 4	Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 5	Trimmwiderstand 5 kΩ
R 6	Widerstand 4,7 kΩ ¼ Watt
R 7	Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 8	Trimmwiderstand 5 kΩ
C 1	Kondensator 47 pF
C 2	Drehkondensator 500 pF
C 3	Drehkondensator 200 pF
C 4	Kondensator 470 pF
C 5	NV-Elektrolytkondensator 2 µF/6 Volt
C 6	Kondensator 4,7 nF
T 1	Transistor AF 127
T 2	Transistor AC 126
T 3	Transistor AC 151
L 1	Abstimmspule 60 Wdg. HF-Litze 10 x 0,07
L 2	Abstimmspule 15 Wdg. HF-Litze 10 x 0,07
L 3	Rückkopplungsspule 12 Wdg. HF-Litze 10 x 0,07 auf Ferritkern 8 x 140 mm, L 3 verschiebbar anordnen
Tr	Übertrager 4 : 1
H	Hörer ca. 1,5 kΩ

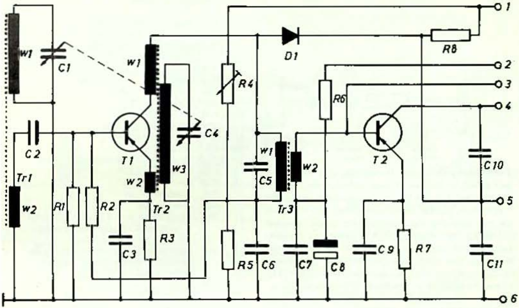

-6V
C1
C3
C6
H
R6
R7
R1
L3
C2
L1
C5
C4
L2
T1
T2
T3
R3
Tr
R8
R4
R2
R5
0

3 Transistorsuper für Mittelwellen

Die Schaltungen 3, 4 und 5 zeigen einen vollständigen Superhetempfänger für Mittelwellen.
Zur besseren Anpassung wird die an der Ferritantenne auftretende hochfrequente Spannung untersetzt und der selbstschwingenden Mischstufe mit dem Transistor T 1 zugeführt. In seinem Kollektorkreis liegt ein auf die Zwischenfrequenz von 455 kHz abgestimmter Selektionskreis, von dem die Zwischenfrequenzspannung abgenommen wird. Für die optimale Anpassung an die erste ZF-Stufe ist einmal die reine Leistungsanpassung, zum anderen auch die erforderliche Bandbreite maßgebend.

Stückliste zu Schaltung 3

R 1 Widerstand 56 kΩ ¼ Watt
R 2 Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 3 Widerstand 3,9 kΩ ¼ Watt
R 4 Trimmwiderstand 2 kΩ
R 5 Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 6 Widerstand 47 kΩ ¼ Watt
R 7 Widerstand 2,2 kΩ ¼ Watt
R 8 Widerstand 3,3 kΩ ¼ Watt
C 1/C 4 Drehkondensator 150 pF und 70 pF
C 2 Kondensator 0,1 µF
C 3 Kondensator 4,7 nF
C 5 Kondensator 2,5 nF
C 6 Kondensator 0,1 µF
C 7 Kondensator 0,1 µF
C 8 NV-Elektrolytkondensator 1 µF/12 Volt
C 9 Kondensator 0,1 µF
C 10 Kondensator 2,5 nF
C 11 Kondensator 0,1 µF
T 1 Transistor AF 125
T 2 Transistor AF 126
D 1 Diode AA 116
Tr 1 Sifferrit-Antennenstab B 61610 M 25/10 x 200
w 1 = 2 x 45 Wdg. HF-Litze 20 x 0,05 mm ∅
w 2 = 8 Wdg. 0,2 mm ∅ CuL
Tr 2 Zylinderspule 9 mm x 30 mm
2 Sifferrit-Schraubkerne B 63310 M 25 G 17
w 1 = 20 Wdg. 0,1 mm ∅ CuL
w 2 = 2 Wdg. 0,12 mm ∅ CuL
w 3 = 140 Wdg. HF-Litze 3 x 0,07 mm ∅

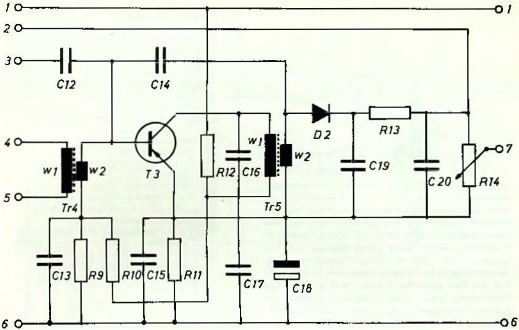

w1
C1
C2
Tr1
w2
R1
R2
w1
T1
w2
Tr2
w3
C4
C3
R3
D1
R4
w1
C5
Tr3
w2
R5
C6
C7
C8
R6
T2
C9
R7
R8
C10
C11
1
2
3
4
5
6

4 ZF-Stufe und Demodulator

Zur Erzielung einer guten Verstärkung und ausreichender Selektion wurden in dem Mittelwellensuper der Schaltungen 3, 4 und 5 zwei Zwischenfrequenz-Stufen vorgesehen. An der Sekundärwicklung von Tr 5 wird die HF-Spannung abgenommen und in der aus der Diode D 2, dem Widerstand R 13 sowie den Kondensatoren C 19 und C 20 bestehenden Baugruppe demoduliert. Die durch die Demodulation gewonnene NF-Spannung gelangt über den Lautstärkenregler R 14 an die Treiberstufe in Schaltung 5, wird in der nachfolgenden Gegentakt-Endstufe weiter verstärkt und dann einem Lautsprecher zugeführt.

Stückliste zu Schaltung 4

R 9	Widerstand 4,7 kΩ 1/4 Watt
R 10	Widerstand 22 kΩ 1/4 Watt
R 11	Widerstand 1 kΩ 1/4 Watt
R 12	Widerstand 470 kΩ 1/4 Watt
R 13	Widerstand 1 kΩ 1/4 Watt
R 14	Potentiometer 10 kΩ pos. log.
C 12	Kondensator 27 pF
C 13	Kondensator 0,1 µF
C 14	Kondensator 15 pF
C 15	Kondensator 0,1 µF
C 16	Kondensator 2,5 nF
C 17	Kondensator 0,1 µF
C 18	NV-Elektrolytkondensator 10 µF/12 Volt
C 19	Kondensator 2,2 nF
C 20	Kondensator 2,2 nF
T 3	Transistor AF 126
D 2	Diode AA 116
Tr 4	Siferrit-Schalenkern B 65561-A 0100-A 025 w 1 = 22 Wdg. HF-Litze 40 x 0,05 mm ∅ w 2 = 7 Wdg. 0,2 mm ∅ CuL
Tr 5	Siferrit-Schalenkern B 65561-A 0100-A 025 w 1 = 22 Wdg. HF-Litze 40 x 0,05 mm ∅ w 2 = 10 Wdg. 0,2 mm ∅ CuL

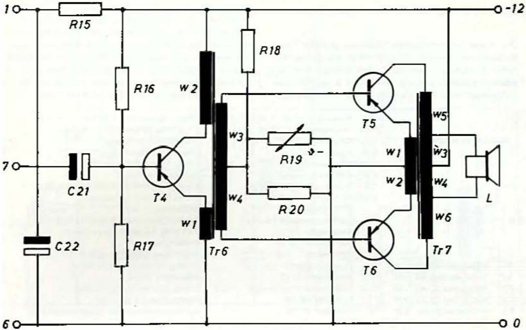

1
2
3
4
5
6
C12
C14
w1
w2
Tr4
T3
R12
C16
Tr5
D2
R13
C19
C20
R14
7
C13
R9
R10
C15
R11
C17
C18

5 Endstufe

Die Endstufe des Mittelwellenempfängers der Schaltungen 3 und 4 liefert eine maximale Ausgangsleistung von 400 mW. Durch die im Emitterkreis der Treiberstufe vom Transistor T 4 liegende Wicklung des Treibertransformators Tr 6 wird bei richtiger Polung eine Gegenkopplung erzielt, die den Klirrfaktor herabsetzt. Gleichzeitig erhöht diese Gegenkopplung den Eingangswiderstand der Treiberstufe, wodurch eine bessere Anpassung an die Demodulatorstufe erreicht wird. Aus den oben genannten Gründen ist eine gleichartige Gegenkopplung auch in der Endstufe vorgesehen. Der Ausgangsübertrager ist als Spartransformator ausgeführt.

Stückliste zu Schaltung 5

R 15	Widerstand 100 Ω 1/4 Watt
R 16	Widerstand 470 kΩ 1/4 Watt
R 17	Widerstand 10 kΩ 1/4 Watt
R 18	Widerstand 8,2 kΩ 1/4 Watt
R 19	NTC-Widerstand K 151 150 Ω
R 20	Widerstand 220 Ω 1/4 Watt
C 21	NV-Elektrolytkondensator 4 µF/12 Volt
C 22	NV-Elektrolytkondensator 100 µF/12 Volt
T 4	Transistor AC 162
T 5	Transistor AC 152 } gepaart
T 6	Transistor AC 152 } gepaart
Tr 6	M 30/7, Dyn.Bl. IV/0,35; 0,3 L wechselsinnig geschichtet w 1 = 100 Wdg. 0,07 mm Ø CuL w 2 = 3900 Wdg. 0,07 mm Ø CuL w 3 = w 4 = 1000 Wdg. 0,07 mm Ø CuL gemeinsam wickeln
Tr 7	M 30/7, Dyn.Bl. IV/0,35; 0,3 L wechselsinnig geschichtet w 1 = w 2 = 26 Wdg. 0,5 mm Ø CuL w 3 = w 4 = 33 Wdg. 0,5 mm Ø CuL w 5 = w 6 = 364 Wdg. 0,13 mm Ø CuL

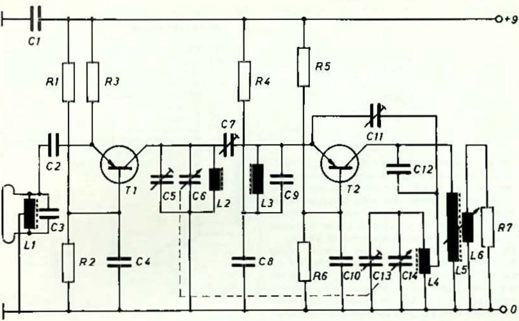

1
R15
-12V
R18
R16
w2
T5
w5
w3
R19
ϑ-
w1
w3
7
C21
T4
w2
w4
L
w4
R20
w6
w1
C22
R17
Tr6
Tr7
T6
6
0

6 UKW-Tuner

Der in der nebenstehenden Schaltung gezeigte Tuner für den UKW-Bereich (87—103 MHz) ist mit den bei hohen Frequenzen eine hohe Verstärkung liefernden Mesatransistoren bestückt. Der bei 40 Ω liegende Eingangswiderstand der Vorstufe ergibt über den Eingangstransformator eine günstige Anpassung an die Antenne. Der Oszillatorschwingkreis besteht aus der Induktivität L 4 und dem Kondensator C 14. Durch die Anzapfung der Rückkopplung bei 1/4 der Kreiswindungszahl bleibt die Stabilität der Oszillatorschwingung auch bei Änderungen der Batteriespannung ziemlich konstant. Der Ausgangswiderstand des Mischtransistors beträgt ca. 100 kΩ, so daß ohne Anzapfung am ZF-Kreis eine recht gute Lastgüte erreicht wurde. In beiden Stufen beträgt der Kollektorstrom 1 mA.

Stückliste zu Schaltung 6

R 1	Widerstand 4,7 kΩ 1/4 W
R 2	Widerstand 12 kΩ 1/4 W
R 3	Widerstand 2,2 kΩ 1/4 W
R 4	Widerstand 2,2 kΩ 1/4 W
R 5	Widerstand 2,2 kΩ 1/4 W
R 6	Widerstand 6,8 kΩ 1/4 W
R 7	Widerstand 60 Ω 1/4 W
C 1	Kondensator 4,7 nF
C 2	Kondensator 1 nF
C 3	Kondensator 15 pF
C 4	Kondensator 1 nF
C 5	Trimmkondensator 2—8 pF
C 6/C 14	Drehkondensator 2 x 4,5—12 pF
C 7	Trimmkondensator 0,5—5 pF
C 8	Kondensator 470 pF
C 9	Kondensator 27 pF
C 10	Kondensator 1 nF
C 11	Trimmkondensator 0,5—5 pF
C 12	Kondensator 47 pF
C 13	Trimmkondensator 2—8 pF
T 1	Transistor AF 106
T 2	Transistor AF 106
L 1	Siferrit-Gewindekern B 63310 U 17 D 13,3 F 2 + 2 Wdg. 0,5 mm Ω Cu versilbert, Wickelhöhe 3 mm, gemeinsam wickeln
L 2	Siferrit-Gewindekern B 63310 U 17 D 13,3 3 Wdg. 1,2 mm ϕ Cu versilbert, Wickelhöhe 8 mm
L 3	Siferrit-Gewindekern B 63310 U 17 D 13,3 5 Wdg. 0,7 mm ϕ Cu versilbert, Wickelhöhe 10 mm
L 4	Siferrit-Gewindekern B 63310 U 17 D 13,3 3+1 Wdg. 1,5 mm ϕ Cu versilbert, Wickelhöhe 10 mm
L 5	Siferrit-Gewindekern B 63310 K 1 D 13,3 26 Wdg. HF-Litze 20 x 0,05 mm ϕ, Wickelhöhe 10 mm
L 6	5 Wdg. 0,25 mm ϕ Cu versilbert (Abstand von L 5 variabel)
	Außendurchmesser aller Spulenkörper 8 mm



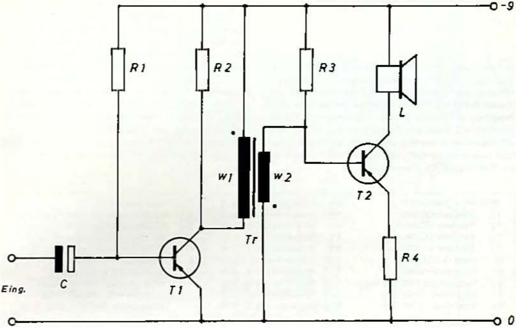
C1
+9V
R1
R3
R4
R5
C2
C7
C11
T1
T2
C12
C5
C6
L2
L3
C9
R7
L1
C3
R2
C4
C8
R6
C10
C13
C14
L4
L5
L6
0

7 Einfacher NF-Verstärker

Bei der Entwicklung dieses Verstärkers wurde besonderer Wert darauf gelegt, mit einem möglichst geringen Aufwand eine z. B. für Koffergeräte ausreichende Lautstärke zu erzielen. Bei einer Eingangswechselspannung von 3,5 mV und einem Eingangswiderstand von 2 kΩ liefert der in Eintakt-A-Betrieb arbeitende Verstärker eine Ausgangsleistung von ca. 50 mW.
Die Temperaturstabilisierung der Endstufe erfolgt durch den gegenkoppelnden Emitterwiderstand R 4 und den niederohmigen Basisspannungsteiler, dessen unterer Zweig durch die Sekundärwicklung des Transformators gebildet wird. Der zur Primärwicklung parallel geschaltete Widerstand R 2 verbessert den Klirrfaktor und den Frequenzgang.

Stückliste zu Schaltung 7

R 1	Widerstand 390 kΩ 1/4 Watt
R 2	Widerstand 12 kΩ 1/4 Watt
R 3	Widerstand 1,5 kΩ 1/4 Watt
R 4	Widerstand 10 Ω 1/4 Watt
C	NV-Elektrolytkondensator 1 μF/12 Volt
T 1	Transistor AC 162
T 2	Transistor AC 121
L	Lautsprecher 200 Ω
Tr	EI 30 Dyn.Bl. IV/0,35, wechselsinnig geschichtet w 1 = 3500 Wdg. 0,06 mm ⌀ CuL w 2 = 500 Wdg. 0,1 mm ⌀ CuL


-9V
R1
R2
R3
L
w1
w2
T2
Tr
R4
C
T1
Eing.
0

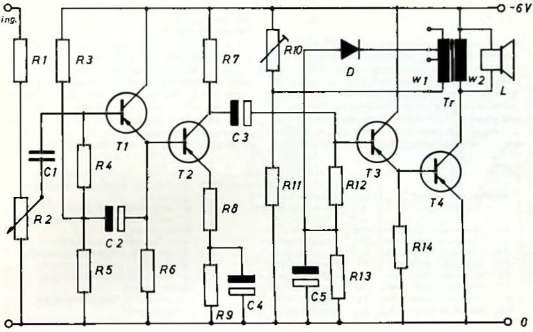
8 A-Verstärker mit gesteuertem Arbeitspunkt

Bei der Aussteuerung des Verstärkers entsteht an der Wicklung w 1 des Ausgangsübertragers Tr eine Wechselspannung, die über die Diode D gleichgerichtet, zur Verschiebung des Arbeitspunktes verwendet wird. Zum Ausgleich von Streuungen der Transistordaten ist die Wicklung w 1 angezapft. Bei richtiger Einstellung wird der Arbeitspunkt in Abhängigkeit von der Signalamplitude jeweils so geregelt, daß er gerade zur unverzerrten Wiedergabe des Signals ausreicht.

Mit der in der Kollektorschaltung betriebenen direktgekoppelten Vorstufe wird keine Spannungsverstärkung, sondern eine Leistungsverstärkung bzw. Impedanzwandlung erreicht. Der Eingangswiderstand einer solchen Stufe entspricht dem mit dem Stromverstärkungsfaktor des Transistors multiplizierten wirksamen Lastwiderstand. Um den erwünschten hohen Eingangswiderstand nicht durch den Basisspannungsteilerwiderstand herabzusetzen, wird der Teilerpunkt zwischen R 3 und R 5 über den Kondensator C 2 an den Emitterausgang angekoppelt und die Basis über den Widerstand R 4 angeschlossen. Treiber- und Endtransistoren sind ebenso wie die Transistoren T 1 und T 2 direkt gekoppelt. Der Anfangsstrom im Endtransistor wird mit dem Trimmwiderstand R 10 auf ca. 80 mA eingestellt.

Stückliste zu Schaltung 8

T 1	Transistor OC 304-2	R 5	Widerstand 8,2 kΩ ¼ W	C 1	Kondensator 47 nF
T 2	Transistor OC 304-2	R 6	Widerstand 3,9 kΩ ¼ W	C 2	NV-Elektrolytkondensator 100 µF/12 V
T 3	Transistor OC 308	R 7	Widerstand 820 Ω ¼ W	C 3	NV-Elektrolytkondensator 10 µF/12 V
T 4	Transistor 2 N 2061 A	R 8	Widerstand 47 Ω ¼ W	C 4	NV-Elektrolytkondensator 100 µF/12 V
D	Diode G 580	R 9	Widerstand 150 Ω ¼ W	C 5	NV-Elektrolytkondensator 100 µF/12 V
R 1	Widerstand 100 kΩ ¼ W	R 10	Trimmwiderstand 500 Ω	L	Lautsprecher 5 Ω/3 Watt
R 2	Potentiometer 1 MΩ pos. log.	R 11	Widerstand 27 Ω 2 W	Tr	EI 48 Dyn.Bl. 0,2 mm Luftspalt
R 3	Widerstand 33 kΩ ¼ W	R 12	Widerstand 2,2 kΩ ¼ W		w 1 = 140 Wdg. 0,8 mm ∅ CuL
R 4	Widerstand 10 kΩ ¼ W	R 13	Widerstand 470 Ω ¼ W		w 2 = 170 Wdg. 0,22 mm ∅ CuL
		R 14	Widerstand 270 Ω ¼ W		Anzapfung bei der 110. und 140. Wdg.


Eing.
-6V
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
C1
C2
C3
C4
C5
T1
T2
T3
T4
D
w1
w2
Tr
L
0

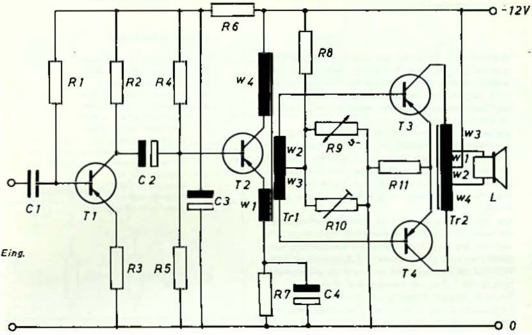
9 3-Watt-Gegentaktendstufe

Die nebenstehende Abbildung zeigt die Schaltung einer Gegentakt-B-Endstufe mit Treiber- und Vorstufe. Die erforderliche Eingangsspannung beträgt 100 mV bei einem Eingangswiderstand von 5 kΩ.

Während bei der Eintakt-A-Endstufe die Leistungsaufnahme unabhängig von der Aussteuerung konstant ist und ungefähr das Doppelte der maximalen Ausgangsleistung beträgt, ergibt sich bei dem Gegentakt-B-Betrieb über den ganzen Aussteuerungsbereich ein wesentlich besserer Wirkungsgrad. Obwohl der Eintakt-A-Verstärker einen geringeren Klirrfaktor als die Gegentakt-B-Endstufe besitzt, wird doch letztere wegen des günstigeren Wirkungsgrades und ihrer höheren Leistung bevorzugt.

Um einen Kompromiß zwischen Verstärkung und Klirrfaktor zu erreichen, wurde in dieser Schaltung eine entsprechende Gegenkopplung vorgesehen. Für möglichst symmetrische Gegentaktwicklungen der Übertrager sind die Wicklungen w 2/w 3 von Tr 1 und w 1/w 2 sowie w 3/w 4 von Tr 3 zu wickeln und hintereinander zu schalten. Die Einstellung des Kollektorruhestromes der Endtransistoren von ca. 20 mA für beide Transistoren erfolgt über den Trimmwiderstand R 10.

		R 9	NTC-Widerstand 40 Ω K 151	Tr 1	M 30/7 Dyn.Bl. IV/0,35 0,5 L, wechselsinnig
Stückliste zu Schaltung 9		R 10	Trimmwiderstand 100 Ω		geschichtet
		R 11	Widerstand 0,27 Ω 1 W		w 1 = 130 Wdg. 0,1 mm ⌀ CuL
		C 1	Kondensator 2 µF		w 2 = w 3 = 210 Wdg. 0,18 mm ⌀ CuL
R 1	Widerstand 470 kΩ ¼ W	C 2	NV-Elko 5 µF/12 V		(bifilar gewickelt)
R 2	Widerstand 4,7 kΩ ¼ W	C 3	NV-Elko 100 µF/12 V		w 4 = 1350 Wdg. 0,06 mm ⌀ CuL
R 3	Widerstand 100 Ω ¼ W	C 4	NV-Elko 25 µF/12 V	Tr 2	M 42/15 Dyn.Bl. IV/0,35 0,5 L, wechselsinnig
R 4	Widerstand 27 kΩ ¼ W	T 1	Transistor AC 162		geschichtet
R 5	Widerstand 10 kΩ ¼ W	T 2	Transistor AC 152		w 1 = w 2 = 40 Wdg. 0,55 mm ⌀ CuL
R 6	Widerstand 220 Ω ¼ W	T 3	Transistor AD 162 } gepaart		(bifilar gewickelt)
R 7	Widerstand 1 kΩ ¼ W	T 4	Transistor AD 162 } gepaart		w 3 = w 4 = 105 Wdg. 0,36 mm ⌀ CuL
R 8	Widerstand 1,5 kΩ ¼ W	L	Lautsprecher 5 Ω		(bifilar gewickelt)


-12V
R6
R8
R1
R2
R4
w4
T3
w3
w2
R9
w1
w2
T2
w3
R11
C1
C2
T1
C3
w1
Tr1
R10
w4
L
Tr2
T4
Eing.
R3
R5
R7
C4
0

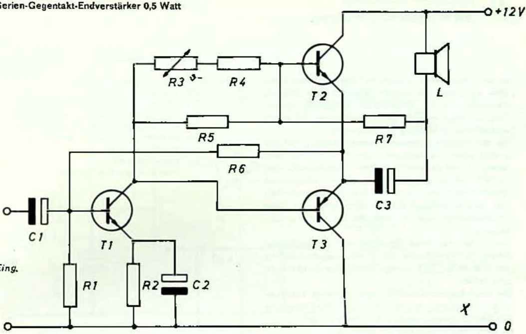
10 Serien-Gegentakt-Endverstärker 0,5 Watt

Während beim Transistor die Verbesserung des Frequenzganges und des Klirrfaktors beliebig weit getrieben werden kann, ist dieses bei den Übertragern nicht möglich. Die idealste Lösung besteht darin, auf die Übertrager zu verzichten, wie es die nebenstehende Schaltung zeigt.
Verwendet man eine Serien-Gegentakt-Endstufe mit komplementären Transistoren, so erreicht man einen niedrigen Ausgangswiderstand. Außerdem läßt sich die beim Parallel-Gegentakt-Betrieb erforderliche Einrichtung zur Phasendrehung einsparen. Beide Endtransistoren werden gleichphasig aus einer Quelle angesteuert.
Der Spannungsquelle wird nur während der negativen Halbwelle der Ausgangswechselspannung Energie entnommen, die zu je einer Hälfte vom Lautsprecher aufgenommen bzw. im Kondensator C 3 gespeichert wird. Während der positiven Halbwelle wird die gespeicherte Ladung von C 3 an den Lautsprecher abgegeben.
Bei einer Ausgangsleistung von 0,5 Watt beträgt die Eingangsspannung 30 mV. Der Ruhestrom liegt bei 5 mA.

Stückliste zu Schaltung 10

R 1	Widerstand 2,2 kΩ 1/4 Watt
R 2	Widerstand 33 Ω 1/2 Watt
R 3	NTC-Widerstand 250 Ω
R 4	Widerstand 120 Ω 1/4 Watt
R 5	Widerstand 68 Ω 1/4 Watt
R 6	Widerstand 8,2 kΩ 1/4 Watt
R 7	Widerstand 220 Ω 1/4 Watt
C 1	NV-Elektrolytkondensator 10 μF/12 Volt
C 2	NV-Elektrolytkondensator 250 μF/12 Volt
C 3	NV-Elektrolytkondensator 250 μF/12 Volt
T 1	Transistor BSY 76
T 2	Transistor BSY 53 } Komplementärpaar
T 3	Transistor BSX 40 } Komplementärpaar
L	Lautsprecher 16 Ω/0,5 W

Schaltung 10
Serien-Gegentakt-Endverstärker 0,5 Watt



11 1-Watt-NF-Verstärker mit integrierter Schaltung

In der Planartechnik können auf einem Silizium-Plättchen nicht nur Transistoren, sondern auch Dioden, Kondensatoren und Widerstände hergestellt werden. Dadurch ist es möglich, ganze Schaltungen auf einem einheitlichen Grundmaterial aufzubauen.

Bei der monolithischen integrierten Schaltung TAA 300 sind in einem Gehäuse von 9 mm ⌀ und 5 mm Höhe neben 11 Transistoren 5 Dioden, 1 Kondensator und 14 Widerstände untergebracht. Nicht nur infolge ihrer Kleinheit, sondern auch wegen ihrer Betriebssicherheit und dem einfacheren Geräteaufbau, gewinnen diese Halbleiterschaltungen in zunehmendem Maße an Bedeutung.

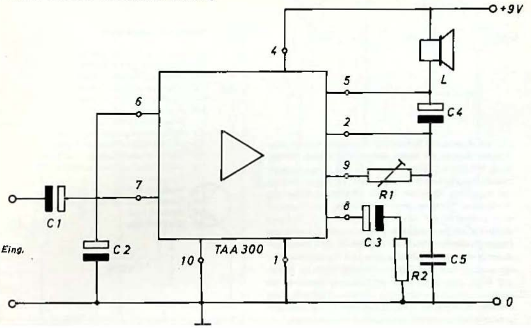
Neben der integrierten Schaltung sind für den Aufbau dieses NF-Verstärkers mit einer Ausgangsleistung von 1 Watt nur noch wenige zusätzliche Bauelemente erforderlich.

Bei einer Eingangsempfindlichkeit von etwa 7 mV beträgt der Eingangswiderstand ca. 15 kΩ. Die Einstellung des Gesamtspeisestromes erfolgt ohne Eingangssignal mit dem Trimmwiderstand R 1 auf 8 mA.

Stückliste zu Schaltung 11

R 1	Trimmwiderstand 25 kΩ
R 2	Widerstand 47 Ω ¼ Watt
C 1	NV-Elektrolytkondensator 0,68 µF/12 Volt
C 2	NV-Elektrolytkondensator 125 µF/12 Volt
C 3	NV-Elektrolytkondensator 25 µF/12 Volt
C 4	NV-Elektrolytkondensator 400 µF/12 Volt
C 5	Kondensator 47 nF
L	Lautsprecher 8 Ω
	Integrierte Schaltung TAA 300

Schaltung 11
1-Watt-NF-Verstärker mit integrierter Schaltung



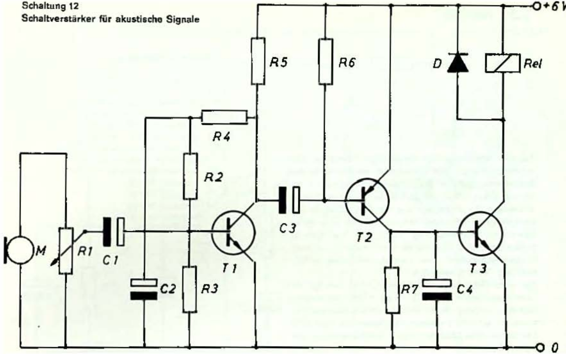
12 Schaltverstärker für akustische Signale

Für die Auslösung bestimmter Funktionen durch akustische Signale ist keine direkte elektrische Verbindung erforderlich. Das Signal wird von einem Kristallmikrofon aufgenommen und einem 3stufigen Verstärker zugeführt. Über ein Relais im Kollektorkreis des Transistors T 3 kann dann eine Klingel, ein Summer, eine Anzeigelampe oder irgendein anderer Vorgang ausgelöst werden. Mit dem Potentiometer R 1 wird die Eingangsempfindlichkeit so eingestellt, daß Nebengeräusche nicht zu einem Schalten des Verstärkers führen können. Um den Stromverbrauch klein zu halten und damit das Gerät auch an Batterien betreiben zu können, arbeitet nur die erste Stufe im A-Betrieb. Alle weiteren Stufen arbeiten im B-Betrieb und verbrauchen in Bereitschaftsstellung des Gerätes keinen Strom.

Stückliste zu Schaltung 12

R 1	Potentiometer 1 MΩ pos. log
R 2	Widerstand 680 kΩ ¼ Watt
R 3	Widerstand 330 kΩ ¼ Watt
R 4	Widerstand 330 kΩ ¼ Watt
R 5	Widerstand 47 kΩ ¼ Watt
R 6	Widerstand 120 kΩ ¼ Watt
R 7	Widerstand 6,8 kΩ ¼ Watt
C 1	NV-Elektrolytkondensator 1 µF/6 Volt
C 2	NV-Elektrolytkondensator 1 µF/6 Volt
C 3	NV-Elektrolytkondensator 1 µF/6 Volt
C 4	NV-Elektrolytkondensator 50 µF/6 Volt
T 1	Transistor BCY 58
T 2	Transistor BCY 78
T 3	Transistor BCY 58
Rel	Relais ca. 50 Ω
M	Kristallmikrofon

Schaltung 12
Schaltverstärker für akustische Signale

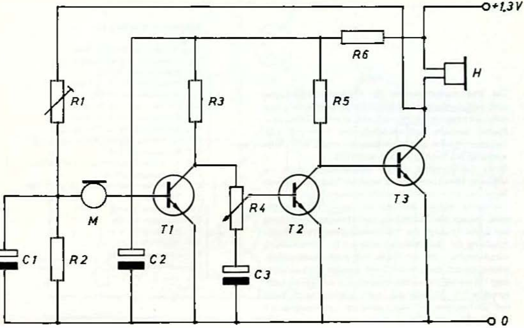


13 Hörhilfe

Für eine Hörhilfe genügt ein 3stufiger Verstärker. Die Arbeitspunkte der drei Transistoren werden durch den Basisspannungsteiler des Eingangstransistors T 1 bestimmt. Dieser Spannungsteiler ist über den Trimmwiderstand R 1 einstellbar und mit dem Kollektor des Endtransistors T 3 verbunden, so daß sich eine starke Gleichstromgegenkopplung ergibt, die die Arbeitspunkte gegenüber Spannungs- und Temperaturschwankungen stabilisiert. Die Lautstärkeregelung erfolgt über das Potentiometer R 4.
Bei einer Betriebsspannung von 1,3 Volt beträgt die Leistungsverstärkung ca. 78 dB bei 1 kHz. Am magnetischen Kleinhörer steht eine maximale Ausgangsleistung von 0,5 mW bei einem Klirrfaktor von etwa 5 %. Das dynamische Mikrofon liegt in der Basisleitung des ersten Transistors.

Stückliste zu Schaltung 13

R 1	Trimmwiderstand 100 kΩ
R 2	Widerstand 150 kΩ 1/10 Watt
R 3	Widerstand 3,3 kΩ 1/10 Watt
R 4	Potentiometer 10 kΩ pos. log.
R 5	Widerstand 3,3 kΩ 1/10 Watt
R 6	Widerstand 470 Ω 1/10 Watt
C 1	NV-Elektrolytkondensator 6 μF/3 Volt
C 2	NV-Elektrolytkondensator 6 μF/3 Volt
C 3	NV-Elektrolytkondensator 2 μF/3 Volt
T 1	Transistor BFY 24
T 2	Transistor BFY 22
T 3	Transistor BFY 23
M	Mikrofon, ca. 8 kΩ
H	Kleinhörer, magnetisch, 600 Ω


+1,3V
R6
H
R1
R3
R5
M
T1
R4
T2
T3
C1
R2
C2
C3
0

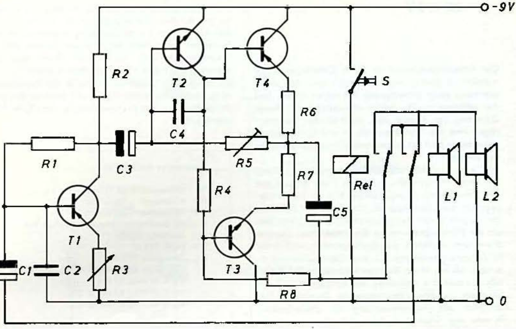
14 Wechselsprechanlage

Die Einsatzmöglichkeiten für Wechselsprechanlagen sind recht vielseitig. Sprechverbindungen lassen sich nicht nur zwischen Wohnung und Gartentor, Keller oder Boden, sondern auch innerhalb der Wohnung, z. B. zwischen Küche und Wohnzimmer sowie zur Überwachung des Kinderzimmers einsetzen.

Beide Lautsprecher werden abwechselnd auch als Mikrofon verwendet. Der Verstärker besteht aus zwei Vorstufen und einer Gegentaktendstufe. Während die Lautstärke mittels des Potentiometers R 3 geregelt wird, erfolgt die Einstellung der Mittelpunktspannung der Endstufe durch den Trimmwiderstand R 5. Die Umschaltung der Sprechstellen wird mit der Drucktaste S vorgenommen, die ein Relais mit zwei Umschaltkontakten steuert. Bei offener Taste arbeitet der Lautsprecher L 2 als Mikrofon, die Wiedergabe erfolgt am Lautsprecher L 1. Solange die Taste gedrückt wird, kehrt sich die Funktion um. Dann wirkt der Lautsprecher L 1 als Mikrofon und L 2 als Lautsprecher.

Stückliste zu Schaltung 14

R 1	Widerstand 560 kΩ 1/4 Watt
R 2	Widerstand 1,2 kΩ 1/4 Watt
R 3	Potentiometer 500 Ω
R 4	Widerstand 470 Ω 1/4 Watt
R 5	Trimmwiderstand 1 MΩ
R 6	Widerstand 10 Ω 1/2 Watt
R 7	Widerstand 10 Ω 1/2 Watt
R 8	Widerstand 1 kΩ 1/4 Watt
C 1	NV-Elektrolytkondensator 1 µF/12 Volt
C 2	Kondensator 10 nF
C 3	NV-Elektrolytkondensator 5 µF/12 Volt
C 4	Kondensator 220 pF
C 5	NV-Elektrolytkondensator 10 µF/12 Volt
T 1	Transistor BC 178
T 2	Transistor BC 108
T 3	Transistor BC 108
T 4	Transistor BC 178
Rel	Relais 9 V, 2 x U
L 1	Lautsprecher 40 Ω
L 2	Lautsprecher 40 Ω


-9V
R2
T2
T4
S
R6
C4
R1
C3
R5
R7
Rel
L1
L2
R4
T1
C5
C1
C2
R3
T3
R8
0

15 Abwärts-Spannungswandler 20 V/6 V

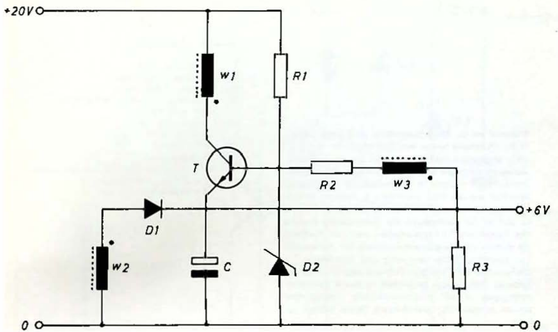
Der Schaltungsaufwand für einen Eintaktspannungswandler ist gering, wenn Eingangs- und Ausgangsspannung einen gemeinsamen Pol haben dürfen. Soll der gemeinsame Pol jedoch abweichend von dieser Schaltung der Pluspol sein, so muß der Transistor gegen eine pnp-Type ausgetauscht und Diode, Zenerdiode sowie Elko mit umgekehrter Polarität angeschlossen werden.

Infolge der Induktivität der Primärwicklung w 1 steigt der Strom im Transistor T nahezu linear an und lädt den Kondensator C auf. Hierbei fällt an der Primärwicklung eine Spannung ab, die gleich der Differenz der Eingangs- und Ausgangsspannung ist, vermindert um die Sättigungsspannung des Transistors. Entsprechend dem Verhältnis der Windungszahlen wird in der Rückkopplungswicklung w 3 eine Steuerspannung induziert, die ein Strom über den Widerstand R 2 fließen läßt. Erreicht die Spannung am Kondensator C die Höhe der Durchbruchsspannung der Zenerdiode D 2, abzüglich der Schwellspannung der Basis-Emitter-Strecke des Transistors, kann der Magnetisierungsstrom nicht weiter ansteigen und der Wandler kippt in die Sperrphase um. Durch die Diode D 1 fließt ein abnehmender Strom, bis die zuvor gespeicherte Energie an den Kondensator abgegeben ist. Hierbei wird an der Wicklung w 3 eine Spannung induziert, die den Transistor sperrt. Nach Ablauf dieser Periode fällt die Sperrspannung weg, wonach der Strom über den Widerstand R 1 eine neue Flußphase einleitet.

Mit steigendem Laststrom wird auch die Brummspannung größer. Bei einem Strom von 0,5 A ist der Ausgangsspannung eine Brummspannung von $U_{ss} = 0{,}1$ V überlagert.

Stückliste zu Schaltung 15

R 1	Widerstand 56 kΩ ¼ Watt
R 2	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
R 3	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
C	NV-Elektrolytkondensator 2500 µF/25 Volt
T	Transistor BSY 84
D 1	Diode BYY 31
D 2	Zenerdiode ZF 6,8
Tr	Kern EE 30, Siferrit 110 N 22, 0,3 mm Luftspalt
	w 1 = 50 Wdg. 0,7 mm ⌀ CuL
	w 2 = 50 Wdg. 0,7 mm ⌀ CuL
	w 3 = 40 Wdg. 0,7 mm ⌀ CuL

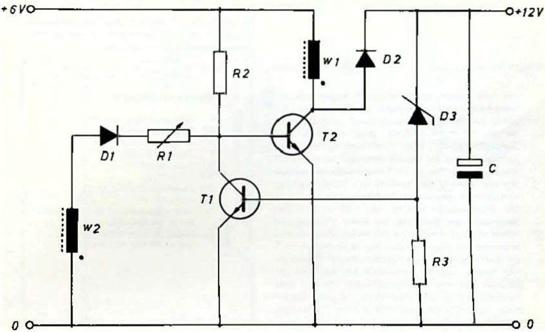

+20V
W1
R1
T
R2
W3
D1
+6V
W2
C
D2
R3
0
0

16 Aufwärts-Spannungswandler 6 V/12 V

Während bei der Abwärtswandlung die Energie sowohl in der Flußphase wie in der Sperrphase an den Ausgang abgegeben wird, kann dieses bei der Aufwärtswandlung nur in der Sperrphase erfolgen. Die gesamte Energie muß deshalb in der Induktivität zwischengespeichert werden. Eine besondere 3. Wicklung ist hier nicht erforderlich, wohl aber ein zusätzlicher Transistor. Er soll in der Sperrphase die Basis-Emitter-Strecke des Transistors T 2 kurzschließen, wenn am Ausgang die Summe von Durchbruchsspannung der Zenerdiode D 3 zuzüglich Schwellspannung des Transistors T 1 überschritten wird. Mit dem Potentiometer R 1 wird der optimale Steuerstrom eingestellt, wodurch Exemplarstreuungen in der Stromverstärkung ausgeglichen werden können. Der entnehmbare Strom beträgt ca. 0,4 A.

Stückliste zu Schaltung 16

R 1	Potentiometer 150 Ω
R 2	Widerstand 4,7 kΩ ¼ Watt
R 3	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
C	NV-Elektrolytkondensator 1000 µF/15 Volt
T 1	Transistor BSY 90
T 2	Transistor BDY 15 B
D 1	Diode BAY 18
D 2	Diode BYY 31
D 3	Zenerdiode ZF 12
Tr	Kern EE 42, Siferrit 2000 T 26, 0,23 mm Luftspalt w 1 = 35 Wdg. 1 mm ⌀ CuL w 2 = 70 Wdg. 0,5 mm ⌀ CuL


+6V
+12V
w1
D2
R2
D3
T2
D1
R1
C
T1
w2
R3
0
0

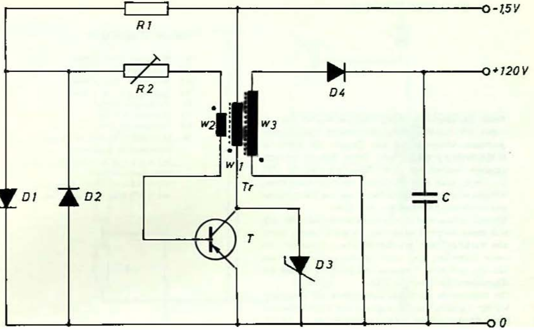
17 Spannungswandler 1,5 V/120 V/10 mW

Für hohe Spannungsübersetzungen eignet sich am besten der Eintaktsperrwandler, da bei ihm das Verhältnis von Betriebs- zu Ausgangsspannung größer ist als das Windungsverhältnis zwischen Primär- und Sekundärwicklung. Beim Eintaktsperrwandler wird nämlich während der Stromflußzeit des Transistors die aufgenommene Energie im Transformator gespeichert und erst während der Sperrzeit des Transistors über eine Diode an den Verbraucher abgegeben.

Die Spannungsübersetzung von 1:80 wird in der nebenstehenden Schaltung bei einem Windungsverhältnis von 1:10 erreicht. Um im Leerlauf ein zu starkes Ansteigen der Ausgangsspannung zu vermeiden, muß der Spannungsrückschlag begrenzt werden. Dieses erfolgt leichter auf der Primärseite bei den dort gegebenen kleineren Spannungswerten. Parallel zum Transistor wurde eine Zenerdiode mit einer Zenerspannung von 12 Volt geschaltet, die den Spannungsrückschlag auf der Primärseite auf 12 Volt begrenzt. Bei einem Übersetzungsverhältnis von 1:10 kann dann auf der Sekundärseite keine höhere Spannung als 120 Volt auftreten. Die Anschwingspannung entsteht an der Diode D 2, die über den Trimmwiderstand R 2 eingestellt wird. Die Diode D 1 soll den Stromfluß im Rückkopplungskreis ermöglichen.

Stückliste zu Schaltung 17

R 1	Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 2	Trimmwiderstand 1 kΩ
C	Kondensator 0,5 µF/250 V
T	Transistor AC 151
D 1	Diode AA 117
D 2	Diode AA 117
D 3	Zenerdiode BZY 83 C 12
D 4	Diode BAY 46
Tr	Siferrit-Schalenkern B 65541-K 0250-J 026
	w 1 = 100 Wdg. 0,12 mm ⌀ CuL
	w 2 = 50 Wdg. 0,05 mm ⌀ CuL
	w 3 = 1000 Wdg. 0,05 mm ⌀ CuL


R1
-1,5V
R2
+120V
D4
W2
W3
W1
Tr
D1
D2
C
T
D3
0

18 Gegentakt-Zerhacker 24 V/220 V/100 W

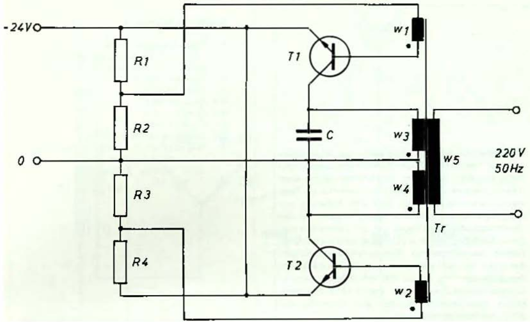
Wenn die Stromversorgung auch bei Ausfall des örtlichen 220-Volt-Netzes aufrechterhalten bleiben muß, gelangen Akkumulatoren zum Einsatz, die z. B. eine Notbeleuchtung ermöglichen. Diese Gleichstromnetze arbeiten vielfach mit einer Spannung von 24 Volt. Um hieran auch 220-Volt-Geräte betreiben zu können, erfolgte eine Umwandlung über einen aus Elektromotor und Generator bestehenden Umformer.

Mit den Silizium-Leistungs-Transistoren BDY 39 läßt sich diese Aufgabe wesentlich eleganter lösen, zumal alle Verschleißteile wie Kohlebürsten, Kollektor und Lager fortfallen. Bei einer Ausgangsspannung von 220 Volt und einer Frequenz von 50 Hertz beträgt die abgegebene Leistung 100 Watt.

Der Wärmewiderstand des Kühlkörpers pro Transistor beträgt 3 grd/W. Hieraus ergeben sich Kühlbleche aus 2 mm Aluminiumblech mit Seitenlängen von ca. 15 cm.

Stückliste zu Schaltung 18

R 1	Widerstand 3,3 Ω 1 Watt
R 2	Widerstand 68 Ω 12 Watt
R 3	Widerstand 68 Ω 12 Watt
R 4	Widerstand 3,3 Ω 1 Watt
C	Kondensator 0,68 µF
T 1	Transistor BDY 39
T 2	Transistor BDY 39
Tr	M 102/35Dyn.Bl. IV/0,35; 0,5 CuL wechselsinnig geschichtet w 1 = w 2 = 9 Wdg. 0,42 mm ∅ CuL (gemeinsam wickeln) w 3 = w 4 = 81 Wdg. 1,2 mm ∅ CuL w 5 = 875 Wdg. 0,42 mm ∅ CuL

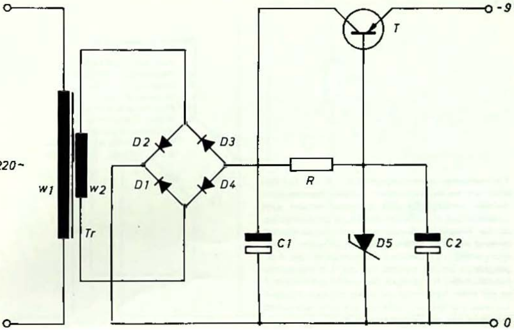

-24V
0
R1
R2
R3
R4
T1
T2
C
w1
w2
w3
w4
w5
Tr
220V
50Hz

19 Stabilisiertes Netzgerät

Die einfachste Art, eine Gleichspannung bei Änderungen der Netzspannung und Belastungsschwankungen stabil zu halten, besteht in der Parallelschaltung einer Zenerdiode zum Verbraucher. Wird zusätzlich ein Transistor verwendet, so wirkt sich eine Änderung des Ausgangsstromes nicht mehr direkt, sondern um den Verstärkungsfaktor verringert auf den Zenerstrom aus. Diese Schaltung eignet sich unter anderem zum Netzbetrieb transistorisierter Rundfunk-Kofferempfänger. Bei einem Innenwiderstand von ca. 4 Ω kann die 9-Volt-Ausgangsspannung bis zu 200 mA belastet werden. Netzspannungsschwankungen von ±10% bei maximalem Ausgangsstrom ergeben eine Änderung von ±2% der Ausgangsspannung.

Stückliste zu Schaltung 19

R	Widerstand 330 Ω ½ Watt
C 1	NV-Elektrolytkondensator 500 µF/15 Volt
C 2	NV-Elektrolytkondensator 500 µF/15 Volt
T	Transistor AC 117
D 1	Diode OA 182 B
D 2	Diode OA 182 B
D 3	Diode OA 182 B
D 4	Diode OA 182 B
D 5	Zenerdiode BZY 85 C, D 9
Tr	M 42 Dyn.Blech IV, wechselsinnig geschichtet w 1 = 4700 Wdg. 0,08 mm Ø CuL w 2 = 260 Wdg. 0,4 mm Ø CuL



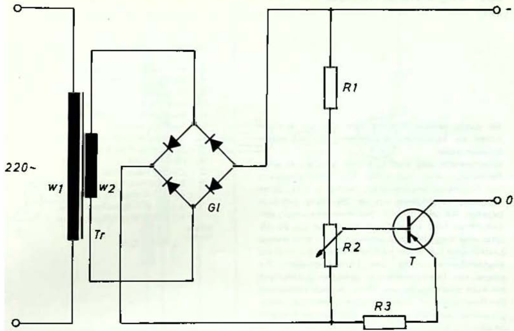
-9V
T
220~
D2
D3
D1
D4
R
w1
w2
Tr
C1
D5
C2
0

20 Einfaches Stromregelgerät 1 A

Stückliste zu Schaltung 20

R 1	Widerstand 120 Ω 6 Watt
R 2	Potentiometer 25 Ω 3 Watt
R 3	Widerstand 1 Ω 2 Watt
T	Transistor AD 130
Gl	Gleichrichter B 30 C 2200
Tr	M 65/27, Dyn.Bl. III/0,5; 0,5 L wechselsinnig geschichtet w 1 = 1600 Wdg. 0,25 mm ∅ CuL w 2 = 150 Wdg. 0,8 mm ∅ CuL

Für bestimmte Anwendungsgebiete, z. B. für den Betrieb von Modelleisenbahnen, werden Regeltransformatoren benötigt, die sehr betriebssicher und auch kurzschlußfest sein müssen. Hierbei ist es gleichgültig, ob die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom geregelt wird. Die Schaltung des hier gezeigten Stromregelgerätes ist automatisch kurzschlußfest. Der Ausgangsstrom beträgt maximal 1 A und wird mittels des Potentiometers R 2 geregelt. Der Leistungstransistor T ist auf einen Kühlkörper mit einem Wärmewiderstand von max. 3 grd/W zu montieren, was einer wirksamen Kühlfläche von ca. 250 cm² entspricht.

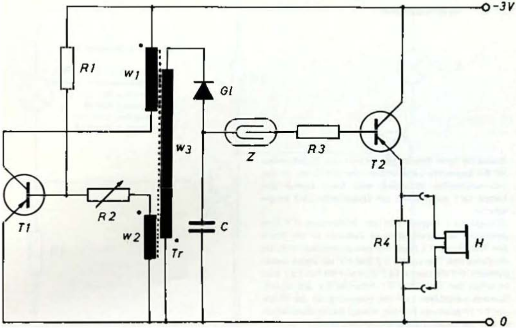

220~
W1
W2
Tr
Gl
R1
R2
R3
T
-
0

21 Geiger-Müller-Indikator

Mit einem Miniatur-Zählrohr läßt sich auf einfache Weise ein handliches Anzeigegerät für radioaktive Strahlen bauen.
Eintaktwandler und Verstärkerstufe arbeiten an einer Betriebsspannung von 3 Volt. Die Schwingfrequenz des Gleichspannungswandlers beträgt 1 kHz. Seine Spannung ist abhängig von der Belastung und liegt zwischen 400 und 700 Volt. Bei Vollaussteuerung des Zählrohres fließt ein mittlerer Strom von ca. 25 µA. Über eine Verstärkerstufe kann ein Hörer oder kleiner Lautsprecher mit einem Innenwiderstand von 1—2 kΩ angeschlossen werden. Der Emitterwiderstand R 4 schützt den Transformator vor zu hohen Spannungen bei nicht angeschlossenem Hörer. Je nach Intensivität der Strahlungen ist im Kopfhörer ein mehr oder weniger starkes Knacken hörbar, das sich bis zum Prasseln steigern kann.

Stückliste zu Schaltung 21

R 1	Widerstand 22 kΩ ¼ Watt
R 2	Potentiometer 100 Ω
R 3	Widerstand 10 MΩ ¼ Watt
R 4	Widerstand 3,9 kΩ ¼ Watt
C	Kondensator 2,2 nF/1000 Volt
T 1	Transistor ASY 70
T 2	Transistor ACY 23
Gl	Gleichrichter E 550 C 5
H	Hörer 1—2 kΩ
Z	Zählrohr Valvo 18503
Tr	Siferrit-Schalenkern B 65561 A 0000-R 022 w 1 = 170 Wdg. 0,1 mm Ø CuL w 2 = 68 Wdg. 0,17 mm Ø CuL w 3 = 3300 Wdg. 0,05 mm Ø CuL


-3V
R1
w1
w3
Gl
Z
R3
T2
T1
R2
w2
Tr
C
R4
H
0

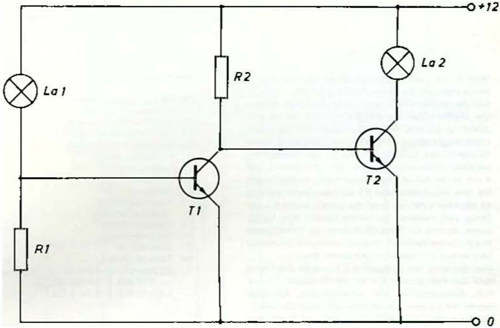
22 Ausfallsicherung für Warnlampen

Nachteilig beim Einsatz von Warn- und Signallampen ist die begrenzte Lebensdauer der Glühfäden. In der nebenstehenden Schaltung wird beim Ausfall der Lampe La 1 automatisch die Ersatzlampe La 2 eingeschaltet.

Solange La 1 brennt, fällt am Widerstand R 1 eine Spannung ab, deren positives Potential an der Basis des Transistors T 1 liegt und diesen durchschaltet. Da die Basis des Transistors T 2 fast 0 V ist, bleibt dieser gesperrt und die Lampe La 2 dunkel. Fällt nun La 1 aus, so erhält der Transistor T 1 Potential 0 V und sperrt. Dadurch verschiebt sich die Spannung an der Basis von T 2 zu positiven Werten, worauf dieser durchschaltet und die Lampe La 2 zum Leuchten bringt.

Stückliste zu Schaltung 22

R 1	Widerstand	47 Ω ½ Watt
R 2	Widerstand	820 Ω ¼ Watt
T 1	Transistor	BSY 73
T 2	Transistor	BSY 73
La 1	Lämpchen	12 V/0,1 A
La 2	Lämpchen	12 V/0,1 A


+12V
La 1
R2
La 2
T1
T2
R1
0

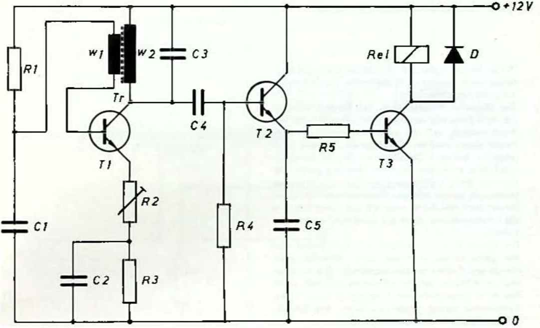
23 Induktive Schranke

Wird in der nebenstehenden Schaltung eine Metallzunge zwischen die beiden Spulen gebracht, so ändert sich die magnetische Kopplung und das Relais fällt ab. Der Meißner-Oszillator arbeitet mit einer Schwingfrequenz von 200 kHz. Während die Spule w 2 des Kollektorschwingkreises sich in der einen Hälfte eines Ferrit-Schalenkernes befindet, ist die in der Basisleitung liegende Rückkopplungsspule w 1 im Abstand von 5 mm in der zweiten Schalenkernhälfte untergebracht. Mit dem Trimmwiderstand R 2 wird die Gegenkopplung so eingestellt, daß der Oszillator gerade noch schwingt. Bringt man zwischen die beiden Spulen eine Metallzunge, so wird der Koppelfluß durch die Wirbelströme in der Zunge bedämpft. Hierbei nimmt die Rückkopplung ab und die Schwingungen setzen aus.

Vom Kollektor des Transistors T 1 gelangt das Signal über den Kondensator C 4 an den Transistor T 2 und wird gleichgerichtet. Bei schwingendem Oszillator steuert die an dem Kondensator C 5 liegende Gleichspannung den Transistor T 3 durch und bringt das Relais zum Ansprechen. Sobald die Schwingungen im Oszillator abreißen, fällt das Relais ab. Die Diode D sorgt dafür, daß beim Sperren von T 3 an der Induktivität der Relaiswicklung keine Spannungsspitze auftritt, die den Transistor zerstören könnte.

Stückliste zu Schaltung 23

R 1	Widerstand 390 Ω ¼ Watt
R 2	Trimmwiderstand 1 kΩ
R 3	Widerstand 220 Ω ¼ Watt
R 4	Widerstand 100 kΩ ¼ Watt
R 5	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
C 1	Kondensator 10 nF
C 2	Kondensator 22 nF
C 3	Kondensator 22 nF
C 4	Kondensator 1 nF
C 5	Kondensator 33 nF
T 1	Transistor BSY 74
T 2	Transistor BSY 74
T 3	Transistor BSY 52
D	Diode BAY 17
Rel	Relais ca. 140 Ω
Tr	2/2 Siferrit-Schalenkerne 11 ⌀ x 7, 1100 N 22 w 1 = 40 Wdg. 0,12 mm ⌀ CuL w 2 = 75 Wdg. 0,12 mm ⌀ CuL


+12V
R1
w1
w2
C3
Rel
D
Tr
C4
T2
T1
R5
T3
R2
C1
R4
C5
C2
R3
0

24 Sender für induktive Fernsteuerung

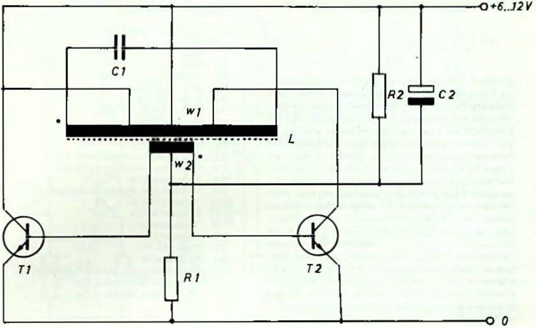
Dieser Sender eignet sich in Verbindung mit dem Empfänger nach Schaltung 25 besonders zur Fernbedienung von Garagentoren.

Der Gegentakt-Sinusoszillator des Senders schwingt mit einer Frequenz von etwa 9 kHz. Hierbei bildet die Primärwicklung w 1 mit dem Kondensator C 1 den frequenzbestimmenden Schwingkreis. Zwecks einer möglichst geringen Dämpfung wurden die Kollektoranschlüsse an Anzapfungen der Wicklung gelegt. Der Kern der Spule besteht aus einem Ferritstab, in dessen Umgebung sich ein kräftiges Streufeld ausbildet. Durch Verschieben des Kerns innerhalb der Spule läßt sich die Induktivität und damit die Oszillatorfrequenz verändern.

Bei Verwendung als Garagentor-Fernbedienung wird das Gerät an der Unterseite oder hinter der Stoßstange des Kraftfahrzeuges angebracht. Die Montage muß so erfolgen, daß der Ferritkern senkrecht steht. Die Induktionsschleife des Empfängers wird in dem Zufahrtsweg verlegt. Beim Überfahren der Schleife muß der Sender kurz eingeschaltet werden.

Stückliste zu Schaltung 24

R 1	Widerstand 100 Ω ¹/₄ Watt
R 2	Widerstand 3,3 kΩ ¹/₄ Watt
C 1	Kondensator 33 nF
C 2	NV-Elektrolytkondensator 1 µF/8 Volt
T 1	Transistor BSY 75
T 2	Transistor BSY 75
L	Spule 10 mm ⌀, l = 9 mm, auf Ferritstab 9,6 mm ⌀, l = 50 mm w 1 = 150 + 50 + 50 + 150 Wdg. 0,2 mm ⌀ CuL w 2 = 10 + 10 Wdg. 0,2 mm ⌀ CuL


+6..12 V
C1
R2
C2
w1
L
w2
T1
T2
R1
0

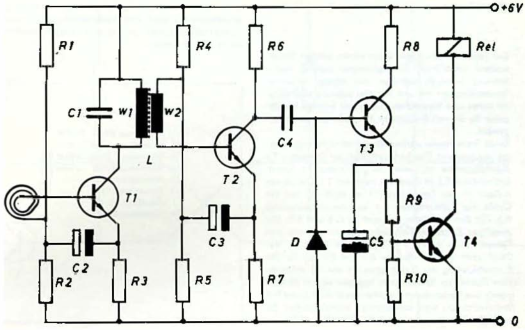
25 Empfänger für induktive Fernsteuerung

Als Empfangsantenne dienen drei Drahtwindungen mit ca. 1 m Durchmesser. Die vom Sender in dieser Spule induzierte Spannung wird einem mehrstufigen Verstärker zugeführt, an dessen Ausgang ein Relais liegt, das beim Eintreffen eines Signals vom Sender anzieht.

Zur Vermeidung von Störungen durch Fremdfelder und Brummeinstreuungen liegt im Kollektorkreis des Transistors T 1 ein Parallel-Resonanzkreis, der auf die Senderfrequenz abgestimmt ist. Die Steuerspannung für die zweite Stufe wird induktiv ausgekoppelt. Nach einer Verstärkung im Transistor T 2 erfolgt in dem in Kollektorschaltung arbeitenden Transistor T 3 die Gleichrichtung des Signals. Die am Emitter von T 3 auftretende Gleichspannung wird gesiebt und dem Endtransistor T 4 zugeführt, in dessen Kollektorkreis das Relais liegt. Eine dem Relais parallelgeschaltete Diode ist hier nicht erforderlich, da T 4 infolge des Kondensators C 5 nur allmählich sperrt. Das Relais zieht an, wenn der Sender im Abstand bis zu 2 m von der Empfangsspule eingeschaltet wird.

Stückliste zu Schaltung 25

R 1	Widerstand 10 kΩ 1/4 Watt
R 2	Widerstand 10 kΩ 1/4 Watt
R 3	Widerstand 1 kΩ 1/4 Watt
R 4	Widerstand 27 kΩ 1/4 Watt
R 5	Widerstand 10 kΩ 1/4 Watt
R 6	Widerstand 3,3 kΩ 1/4 Watt
R 7	Widerstand 1 kΩ 1/4 Watt
R 8	Widerstand 470 Ω 1/4 Watt
R 9	Widerstand 68 Ω 1/4 Watt
R 10	Widerstand 1 kΩ 1/4 Watt
C 1	Kondensator 10 nF
C 2	NV-Elektrolytkondensator 2 µF/6 Volt
C 3	NV-Elektrolytkondensator 2 µF/6 Volt
C 4	Kondensator 47 nF
C 5	NV-Elektrolytkondensator 25 µF/6 Volt
T 1	Transistor BSY 74
T 2	Transistor BSY 74
T 3	Transistor BSY 74
T 4	Transistor BSY 74
D	Diode BAY 17
Rel	Relais ca. 50 Ω
L	Siferrit-Schalenkern 18 ∅ x 14, 1100 N 22 A1 160
	w 1 = 420 Wdg. 0,15 mm ∅ CuL
	w 2 = 150 Wdg. 0,15 mm ∅ CuL


+6V
R1
R4
R6
R8
Rel
C1
W1
W2
C4
T3
L
T2
T1
R9
C3
D
C5
T4
C2
R2
R3
R5
R7
R10
0

26 Astabiler Multivibrator

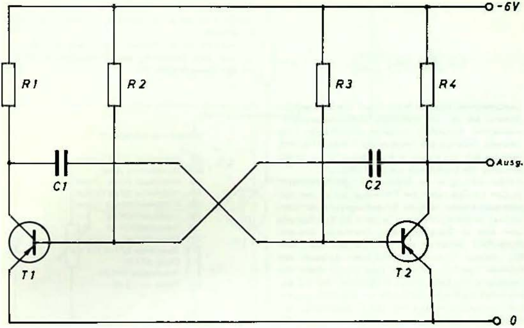
Der astabile Multivibrator kennt keinen stabilen Schaltzustand. Unabhängig von irgendeiner äußeren Beeinflussung kippt er zwischen den beiden möglichen Schaltstellungen hin und her. Der astabile Multivibrator liefert eine Rechteckspannung und wird als Impulsgeber für die verschiedensten Anwendungsgebiete eingesetzt.

Beide Transistoren werden abwechselnd durchgeschaltet und gesperrt. Das bedeutet, daß der Transistor T 1 durchgeschaltet ist, wenn der Transistor T 2 sperrt. Befindet sich T 2 im Durchlaß, so sperrt T 1. Die Stromflußzeit t 1 des Transistors T 1 ist abhängig von der Größe des Kondensators C 1 und des Widerstandes R 3. Für den Transistor T 2 sind es C 2 und R 2. Die jeweiligen Zeiten in Sekunden ergeben sich aus den Formeln: $t1 = 0{,}7 \cdot C1 \cdot R3$ und $t2 = 0{,}7 \cdot C2 \cdot R2$. Damit über die Widerstände R 2 und R 3 der für die Durchsteuerung der Transistoren T 1 und T 2 erforderliche Basisstrom fließen kann, ergeben sich in Abhängigkeit des Stromverstärkungsfaktors B für R 2 und R 3 Grenzwerte, die nicht überschritten werden dürfen. Es ist: $R2 = 0{,}8 \cdot R1 \cdot B1$ und $R3 = 0{,}8 \cdot R4 \cdot B2$.

Mit den Werten dieser Schaltung ergibt sich eine Kippfrequenz von ca. 1 kHz. Soll das Verhältnis Impulsdauer zu Impulspause variiert werden, so kann der Widerstand R 3 durch eine Reihenschaltung aus einem 22-kΩ-Festwiderstand und einem 10-kΩ-Trimmwiderstand ersetzt werden.

Stückliste zu Schaltung 26

R 1	Widerstand 470 Ω	¼ Watt
R 2	Widerstand 27 kΩ	¼ Watt
R 3	Widerstand 27 kΩ	¼ Watt
R 4	Widerstand 470 Ω	¼ Watt
C 1	Kondensator 27 nF	
C 2	Kondensator 27 nF	
T 1	Transistor AC 126	
T 2	Transistor AC 126	



-6V
R1
R2
R3
R4
C1
C2
Ausg.
T1
T2
0

27 Lichtschranke

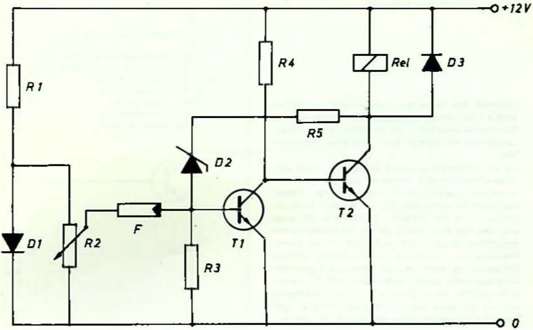
Lichtschranken erfahren in der Praxis einen vielseitigen Einsatz, sei es, um Zählungen durchzuführen oder mechanisch ablaufende Vorgänge einzuleiten bzw. zu beenden. Solange das Fotoelement F beleuchtet wird, befindet sich das Relais in Ruhelage. Erst bei Unterbrechung des Lichtstrahls zieht das Relais an.

Bei Beleuchtung ist der Transistor T 1 durchgeschaltet, da sich die Spannung des Fotoelementes zu der Vorspannung addiert. Weil die Schwellspannung der Transistoren temperaturabhängig ist, wird die Vorspannung über eine in Durchlaßrichtung betriebene Silizium-Diode (D 1) gewonnen, deren Durchlaßspannung etwa den gleichen Temperaturkoeffizienten aufweist. Am Kollektor von T 1, und damit auch an der Basis des Transistors T 2, liegt nahezu 0 Potential, das T 2 gesperrt hält. Fällt kein Licht mehr auf das Fotoelement, sinkt die zur Durchsteuerung des Transistors T 1 erforderliche Basisspannung und T 1 sperrt. Nunmehr nimmt die Basis des Transistors T 2 positive Werte an und steuert diesen durch und das Relais zieht an. Die Kippcharakteristik der Schaltung wird durch eine Rückkopplung mit der Zenerdiode D 2 und dem Widerstand R 5 erreicht.

Die Ansprechempfindlichkeit des Relais beträgt ca. 100 Lux. Eine Einstellung des Arbeitspunktes erfolgt mit dem Potentiometer R 2.

Stückliste zu Schaltung 27

R 1	Widerstand 22 kΩ ¼ Watt
R 2	Potentiometer 25 kΩ
R 3	Widerstand 68 kΩ ¼ Watt
R 4	Widerstand 68 kΩ ¼ Watt
R 5	Widerstand 2,2 MΩ ¼ Watt
T 1	Transistor BCY 58
T 2	Transistor BCY 58
D 1	Diode BAY 44
D 2	Zenerdiode BZY 85 C 6 V 8
D 3	Diode BAY 44
F	Fotoelement BPY 11
Rel	Relais, ca. 1,2 kΩ


+12 V
R1
R4
Rel
D3
R5
D2
T2
D1
R2
F
T1
R3
0

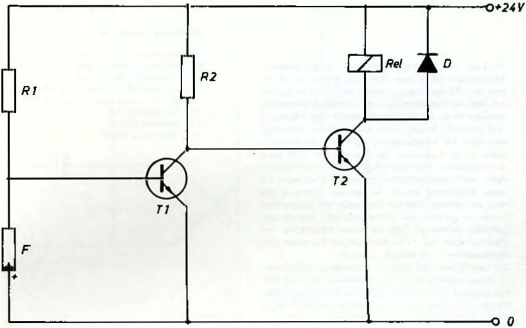
28 Schaltverstärker mit Fotoelement

Während das Relais der Lichtschranke von Schaltung 27 bei Unterbrechung des Lichtstrahls auf das Fotoelement anspricht, zieht das Relais dieses Schaltverstärkers an, sobald das Fotoelement beleuchtet wird.

Da der Fotostrom zu gering ist, um das Relais zum Ansprechen zu bringen, wurde ein 2stufiger Transistorverstärker zwischengeschaltet. Solange das Fotoelement nicht beleuchtet wird, ist der Transistor T 1 durchgesteuert und der Transistor T 2 gesperrt. Bei einer ausreichenden Beleuchtung, bei der ein Fotostrom von mindestens 35 μA fließen muß, wird die zur Durchsteuerung des Transistors T 1 erforderliche positive Basisspannung durch die vom Fotoelement gelieferte Gegenspannung soweit aufgehoben, daß T 1 sperrt. Damit entsteht am Kollektor von T 1 und gleichzeitig auch an der Basis von T 2 positives Potential. Der Transistor T 2 steuert durch und das Relais zieht an.

Stückliste zu Schaltung 28

R 1	Widerstand 270 kΩ 1/4 Watt
R 2	Widerstand 2,2 kΩ 1/4 Watt
T 1	Transistor BCY 58
T 2	Transistor BSX 45
D	Diode BAY 44
F	Fotoelement BPY 11
Rel	Relais, ca. 100 Ω



+24V
Rel
D
R1
R2
T1
T2
F
+
0

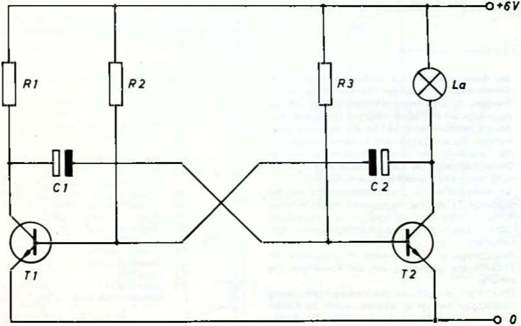
29 Blinkschaltung

Wird der eine Kollektorwiderstand in einem astabilen Multivibrator durch eine Glühlampe ersetzt, so erhält man eine Blinkschaltung. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß der Kaltwiderstand der Glühlampe wesentlich geringer ist als ihr Betriebswiderstand. Der Transistor muß entweder für den hohen Einschaltstrom ausgelegt sein oder die Verlustleistung aushalten, die entsteht, wenn er im Augenblick des Einschaltens nicht ganz durchgesteuert wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, der Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors T 2 einen Widerstand parallel zu schalten. Seine Größe wird so gewählt, daß die Glühlampe bei gesperrtem Transistor gerade noch dunkel erscheint. Die so vorgeheizte Glühlampe liegt mit ihrem Widerstand beträchtlich über dem Kaltwiderstand und hält damit den Einschaltstrom in zulässigen Grenzen.

Die Leuchtdauer von etwa 0,3 s und die ca. 1 s dauernde Pause werden durch den Widerstand R 3 und den Kondensator C 2 bestimmt. Durch Verändern der Werte R 3 und C 2 lassen sich diese Zeiten in gewissen Grenzen variieren.

Stückliste zu Schaltung 29

R 1	Widerstand 270 Ω ¼ Watt
R 2	Widerstand 6,8 kΩ ¼ Watt
R 3	Widerstand 2,7 kΩ ¼ Watt
C 1	NV-Elektrolytkondensator 500 µF/6 Volt
C 2	NV-Elektrolytkondensator 50 µF/6 Volt
T 1	Transistor BSY 73
T 2	Transistor BSY 52
La	Glühlampe 6 V/0,1 A


+6V
R1
R2
R3
La
C1
C2
T1
T2
0

30 Drehzahlmesser für Kraftfahrzeuge

Bei dieser elektronischen Drehzahlmessung werden Stromimpulse in einer der Drehzahl proportionalen Frequenz an ein Anzeigeinstrument geführt und von ihm infolge seiner Trägheit integriert. Die Impulse werden am Unterbrecherkontakt für die Zündspule abgenommen. Da ihre Länge nicht konstant, sondern von der Einstellung der Unterbrecherkontakte und der Drehzahl abhängig ist, muß vor der Anzeige eine Formung durch eine monostabile Kippstufe erfolgen.

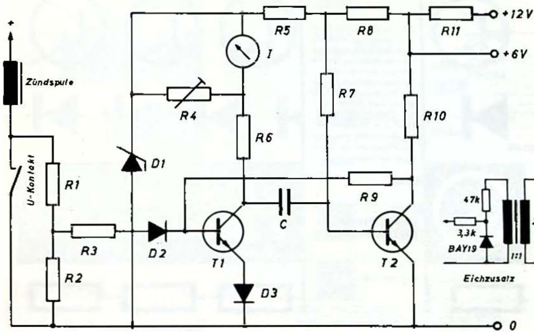
Bei jedem Öffnen der Unterbrecherkontakte wird der Transistor T 1 durch einen positiven Impuls in seiner Basis durchgesteuert und kippt in den metastabilen Zustand. Das in der Kollektorzuleitung liegende Meßinstrument zeigt den Mittelwert der auftretenden Stromimpulse an. Seine Anzeige ist proportional der Drehzahl und unabhängig von der Kurvenform der Impulse.

Um eine von der schwankenden Versorgungsspannung unabhängige Anzeige zu erhalten, wurde die Kollektorspannung von T 1 mit der Zenerdiode D 1 stabilisiert. Die Diode D 3 kompensiert den Temperaturgang der Schwellspannung des Transistors T 2.

Mit dem 3000 Impulse pro Minute abgebenden Eichzusatz und dem Trimmwiderstand R 4 wird der Zeigerausschlag des Instrumentes auf den Skalenwert von 3000 U/min gebracht.

Stückliste zu Schaltung 30

R 1	Widerstand 10 kΩ ¼ Watt
R 2	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
R 3	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
R 4	Trimmwiderstand 1 kΩ
R 5	Widerstand 180 Ω ¼ Watt
R 6	Widerstand 1,2 kΩ ¼ Watt
R 7	Widerstand 47 kΩ ¼ Watt
R 8	Widerstand 390 Ω ¼ Watt
R 9	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
R 10	Widerstand 3,3 kΩ ¼ Watt
R 11	Widerstand 1 kΩ ¼ Watt
C 1	Kondensator 0,1 µF
T 1	Transistor BSY 74
T 2	Transistor BSY 74
D 1	Zenerdiode ZF 4,3
D 2	Diode BAY 17
D 3	Diode BAY 17
I	Instrument 1 mA, 100 Ω


+12V
+6V
R5
R8
R11
I
Zündspule
R4
R7
R10
R6
D1
U-Kontakt
R1
R9
47k
C
3,3k
220~
BAY19
R3
D2
T1
T2
1:1
R2
Eichzusatz
D3
0

Dies ist ein Buch für Beruf und Freizeit: es bietet dem Nachwuchs und dem Amateur das Rüstzeug zum Verständnis elektronischer Vorgänge und zum Aufbau von Schaltungen. Der Stoff ist von allem Ballast frei — klar und lebendig dargeboten. Der Leser gewinnt so ganz nebenbei ein solides Wissen um die Grundlagen der Elektronik

Verlag Frech
Stuttgart-Botnang

80 Seiten
61 Zeichnungen

DM 6,—

Bergtold

Elektronik-Bauelemente

TOPP

	1. Ziffer	2. Ziffer	Nullen
schwarz =	0	0	
braun =	1	1	0
rot =	2	2	00
orange =	3	3	000
gelb =	4	4	0 000
grün =	5	5	00 000
blau =	6	6	000 000
violett =	7	7	0 000 000
grau =	8	8	0,01
weiß =	9	9	0,1

Die zwei ersten Punkte sind die beiden ersten Zahlen des Wertes, der dritte Punkt gibt die Zahl der Nullen an.

Genauigkeit:	
allgemein	20%
silberner Punkt	10%
goldener Punkt	5%

Die Werte der Widerstände nach dem internationalen Farbencode Reihe E 12

5,6 Ω	grün blau weiß	2,7 kΩ	rot violett rot
6,8 Ω	blau grau weiß	3,3 kΩ	orange orange rot
8,2 Ω	grau rot weiß	3,9 kΩ	orange weiß rot
10 Ω	braun schwarz schwarz	4,7 kΩ	gelb violett rot
12 Ω	braun rot schwarz	5,6 kΩ	grün blau rot
15 Ω	braun grün schwarz	6,8 kΩ	blau grau rot
18 Ω	braun grau schwarz	8,2 kΩ	grau rot rot
22 Ω	rot rot schwarz	10 kΩ	braun schwarz orange
27 Ω	rot violett schwarz	12 kΩ	braun rot orange
33 Ω	orange orange schwarz	15 kΩ	braun grün orange
39 Ω	orange weiß schwarz	18 kΩ	braun grau orange
47 Ω	gelb violett schwarz	22 kΩ	rot rot orange
56 Ω	grün blau schwarz	27 kΩ	rot violett orange
68 Ω	blau grau schwarz	33 kΩ	orange orange orange
82 Ω	grau rot schwarz	39 kΩ	orange weiß orange
100 Ω	braun schwarz braun	47 kΩ	gelb violett orange
120 Ω	braun rot braun	56 kΩ	grün blau orange
150 Ω	braun grün braun	68 kΩ	blau grau orange
180 Ω	braun grau braun	82 kΩ	grau rot orange
220 Ω	rot rot braun	100 kΩ	braun schwarz gelb
270 Ω	rot violett braun	120 kΩ	braun rot gelb
330 Ω	orange orange braun	150 kΩ	braun grün gelb
390 Ω	orange weiß braun	180 kΩ	braun grau gelb
470 Ω	gelb violett braun	220 kΩ	rot rot gelb
560 Ω	grün blau braun	270 kΩ	rot violett gelb
680 Ω	blau grau braun	330 kΩ	orange orange gelb
820 Ω	grau rot braun	390 kΩ	orange weiß gelb
1 kΩ	braun schwarz rot	470 kΩ	gelb violett gelb
1,2 kΩ	braun rot rot	560 kΩ	grün blau gelb
1,5 kΩ	braun grün rot	680 kΩ	blau grau gelb
1,8 kΩ	braun grau rot	820 kΩ	grau rot gelb
2,2 kΩ	rot rot rot	1 MΩ	braun schwarz grü